



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**La Mancha Morada en níspero japonés  
(*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. 'Algerie'. Factores  
relacionados en su aparición**

**Grado en Ingeniería Agrícola**

**Trabajo monográfico**

**ALUMNO: Joaquín Jiménez Jiménez**

**DIRECTORES: Dr. D. Julián Cuevas González**

**Dr. D. Juan José Hueso Martín**

**Convocatoria: Junio 2017**

## **Agradecimientos**

En primer lugar darle las gracias a Julián Cuevas González, y Juan José Hueso Martin, directores del trabajo, por su buena predisposición y por ayudarme a poner en buen puerto dicho proyecto, así como por los conocimientos aportados y por dar respuesta a las infinitas preguntas planteadas. Gracias por todo.

Gracias a mi familia, mis padres y hermanos, sin los cuales todo esto no sería una realidad, ya que sin su ayuda, esfuerzo y consejos no llegaría a ser quien ahora soy.

No me puedo olvidar de ti Inma, la persona que día tras día “siempre ha estado conmigo”, apoyándome en este y otros momentos.

Gracias Isa por esos buenos ratos y esas tardes de proyecto haciendo que esta tarea haya sido más a liviana.

**GRACIAS A TODOS POR CONTRIBUIR A QUE ESTO SEA UNA REALIDAD**

**1. Interés y objetivo**

1.1 Origen y Distribución.....	12
1.2 Análisis de la situación del cultivo del níspero japonés.....	13
1.3 Rentabilidad del cultivo.....	16
1.4 Problemática de la Mancha Morada en el cultivo.....	22
1.5 Objetivos.....	24

**2. Fases de desarrollo**

2.1 Fases de desarrollo.....	27
------------------------------	----

**3. Revisión bibliográfica**

3.1 Origen y Taxonomía del níspero japonés.....	29
3.2 Ecología y morfología del níspero japonés.....	32
3.3 Ciclo anual del cultivo.....	39
3.4 Riego deficitario controlado.....	43
3.5 Mancha Morada .....	47
3.5.1 Caracterización histológica de Mancha Morada.....	48
3.5.2 Factores implicados en la aparición de la Mancha Morada.....	52
1. Factores endógenos.....	52
1.1 Carácter varietal.....	52
1.2 Transpiración cuticular y relaciones hídricas.....	53
1.3 Composición mineral.....	55
1.4 Producción de etileno.....	57
1.5 Competencia por azúcares.....	59
1.6 Competencia entre frutas.....	61
2. Factores exógenos. Influencia de los factores ambientales.....	64
2.1 Temperatura.....	64
2.2 Radiación.....	67

## **4. Materiales y métodos**

4.1 Caracterización de la parcela de ensayo.....	72
4.2 Clima.....	73
4.3 Suelo.....	77
4.4 Material vegetal.....	79
4.5 Tratamiento de riego.....	80
4.6 Parámetros estudiados.....	84
4.6.1 Efecto de los tratamientos de RD sobre el porcentaje de frutos con Mancha Morada.....	84
4.6.2 Efecto del tamaño del fruto sobre la incidencia de la Mancha Morada.....	85
4.6.3 Determinación del tamaño del fruto (en % de su tamaño final) en el momento en que aparece la Mancha Morada.....	86
4.6.4 Determinación de la incidencia de mancha morada en los frutos de maduración temprana versus tardíos.....	86
4.6.5 Efecto de la posición del fruto en la copa del árbol en la probabilidad de sufrir mancha morada.....	86
4.6.6 Estado fenológico del fruto en el momento de aparición.....	87
4.6.7 Análisis del contenido mineral de la piel y de la pulpa en frutos con mancha morada y en frutos sin Mancha Morada.....	87

## **5. Resultados**

5.1 Efecto de los tratamientos de riego sobre el porcentaje de frutos con Mancha Morada.....	90
5.2 Efecto del tamaño del fruto sobre la incidencia de Mancha Morada.....	93
5.3 Determinación del tamaño del fruto (en % de su tamaño final) en el momento en que aparece la Mancha Morada.....	94
5.4 Determinación de la incidencia de Mancha Morada en los frutos de maduración temprana versus tardíos.....	95
5.5 Efecto de la posición del fruto en la copa del árbol sobre la incidencia de Mancha Morada.....	96
5.6 Estado fenológico del fruto en el momento de aparición de la Mancha Morada.....	99
5.7 Análisis del contenido mineral de la piel y de la pulpa en frutos con Mancha Morada y en frutos sin Mancha Morada.....	104

**6. Discusión**

6. Discusión.....107

**7. Conclusiones**

7. Conclusiones.....116

**8. Bibliografía**

8. Bibliografía.....118

**9. Anejos**

9.1 Tratamientos fitosanitarios.....129

9.2 Plan de fertilización anual.....130

9.3 Análisis de agua.....131

## **Relación de figuras**

### **1. Interés y objetivos**

- Figura 1. Principal zona de distribución del cultivo del níspero japonés.
- Figura 2. Representación de las principales zonas de cultivo del níspero según fechas previstas de recolección para una fecha de floración del 15 de noviembre.
- Figura 3. Evolución de la superficie y producción dedicada al cultivo de níspero japonés en España.
- Figura 4. Distribución de la superficie y producción en porcentajes cultivo de níspero en España por comunidades autónomas.
- Figura 5. Distribución de la superficie y producción cultivo de níspero en Andalucía por provincias.
- Figura 6. Evolución semanal del precio del níspero de categoría I durante la campaña 2014-2015.
- Figura 7. Evolución del precio del níspero por categorías en la campaña 2011-2012.

### **3. Revisión bibliográfica**

- Figura 8. Grabado chino perteneciente a la dinastía Song.
- Figura 9. Origen y expansión del cultivo del níspero japonés por el mundo.
- Figura 10. Níspero europeo (*Mespilus germanica*).
- Figura 11. Árbol de níspero japonés injertado en membrillero de Provence.
- Figura 12. Formación en vaso del níspero japonés.
- Figura 13. Panícula de níspero japonés.
- Figura 14. Polinización en níspero japonés.
- Figura 15. Estados de maduración del fruto de níspero japonés.
- Figura 16. Estados fenológicos tipo del níspero japonés.
- Figura 17. Representación del ciclo anual del níspero japonés.
- Figura 18. Mancha morada en níspero japonés.
- Figura 19. Corte transversal por criofractura de frutos de níspero japonés cv. Algerie.

- Figura 20. Cortes transversales de frutos de níspero japonés, cv. Algerie, afectados de mancha púrpura observados en microscopía óptica.
- Figura 21. Diferencias entre la pulpa y la piel afectada por mancha purpura.
- Figura 22. Vista superficial de las ceras epicuticulares de los frutos de níspero japonés, cv. Algerie.
- Figura 23. Influencia de la variedad sobre la mancha púrpura del níspero japonés.
- Figura 24. Influencia de la intensidad de aclareo sobre la incidencia de la mancha púrpura en níspero japonés, cv. 'Algerie'.
- Figura 25. Influencia de la temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto sobre la intensidad de la mancha púrpura en el níspero japonés, cv. Algerie.
- Figura 26. Influencia de la luz incidente en el fruto sobre la intensidad de la mancha morada del níspero japonés, cv. Algerie.
- Figura 27. Plantación en China de níspero japonés embolsado.

#### **4. Materiales y métodos**

- Figura 28. Edificio de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar.
- Figura 29. Plano de situación y vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”.
- Figura 30. Régimen térmico.
- Figura 31. Régimen de humedad.
- Figura 32. Precipitaciones medias mensuales y evaporación media mensual.
- Figura 33. Estación meteorológica de la Estación Experimental de Cajamar.
- Figura 34. Horas de sol.
- Figura 35. Radiación global.
- Figura 36. Radiación fotosintéticamente activa (PAR).
- Figura 37. Rosa de los vientos.
- Figura 38. Vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar.
- Figura 39. Plantación de níspero japonés sobre la que se han realizado los ensayos de riego deficitario.

- Figura 40. Ciclo anual del níspero japonés donde se observa la distribución de los distintos tratamientos de riego deficitario.
- Figura 41. Estadios fenológicos de maduración del fruto de níspero japonés

## **5. Resultados**

- Figura 42. Porcentaje de frutos afectados por mancha morada en función a su posición en el árbol. El análisis resume los datos de las tres campañas y de los cinco tratamientos.
- Figura 43. Porcentaje de frutos afectados por mancha morada en función a su posición en el árbol en cada campaña de estudio. El análisis de cada campaña incluye los datos de los cinco tratamientos.
- Figura 44. Porcentaje de frutos afectados por mancha morada en función a su posición en el árbol para cada tratamiento. Se incluyen los datos de las tres campañas para cada tratamiento.
- Figura 45. Estado fenológico del fruto en momento de la aparición de la mancha morada. Análisis global por periodo 2009-2011.
- Figura 46. Estado fenológico del fruto en momento de la aparición de la mancha morada.
- Figura 47. Estado fenológico del fruto en momento de la aparición de la mancha morada. Análisis por tratamientos (cada tratamiento incluye los datos de los tres años).



**❖ Relación de cuadros**

- Cuadro 1. Distribución por países de la superficie y producción mundial de níspero japonés.
- Cuadro 2. Escala BBCH para plantas mono y dicotiledóneas.
- Cuadro 3. Concentración de elementos minerales en la pulpa y piel del fruto del níspero japonés, cv. 'Algerie', en enero.
- Cuadro 4. Composición mineral de la pulpa y piel de frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura en enero.
- Cuadro 5. Producción de etileno en frutos maduros del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura.
- Cuadro 6. Concentración de azúcares en la pulpa y en los tejidos epidérmicos de los frutos sanos y afectados de mancha púrpura del níspero japonés, cv. 'Algerie', en enero.
- Cuadro 7. Influencia de la intensidad de aclareo sobre el peso seco de los componentes del fruto del níspero.
- Cuadro 8. Agua aplicada con el riego en cada uno de los tratamientos durante el ensayo.
- Cuadro 9. Composición mineral de la pulpa y piel de frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura en enero.
- Cuadro 10. Efecto del bloque (seto) sobre la incidencia de mancha morada durante el periodo 2009-2011.
- Cuadro 11. Efecto del año de estudio sobre la incidencia de mancha morada.
- Cuadro 12. Efecto de los diferentes tratamientos de riego sobre la incidencia de mancha morada durante los años 2009, 2010 y 2011.
- Cuadro 13. Calibres medios máximos de frutos con y sin presencia de mancha morada para cada tratamiento durante el periodo 2009-2011. Sin MM (fruto sin afección por mancha morada), con MM (fruto afectado por mancha morada).
- Cuadro 14. Porcentaje con respecto al calibre final en el momento que parece la mancha morada por tratamientos y años.
- Cuadro 15. Incidencia de mancha morada en frutos de maduración temprana versus frutos de maduración tardíos para cada uno de los tratamientos en los tres años de estudio.

- Cuadro 16. Concentración mineral de macroelementos y microelementos en pulpa y en piel de frutos del níspero japonés sanos y afectados de mancha morada recolectados en enero. Valores de macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) expresados en % de materia seca (g/100g). Valores de microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn) expresados en mg/kg.
- Cuadro 17. Porcentaje mancha morada vs. valores medios de Temperatura y Humedad Relativa durante el periodo enero-mayo del 2009, 2010 y 2011.
- Cuadro 18. Porcentaje de mancha morada vs. valores medios de Temperatura y Humedad Relativa durante el mes de marzo y abril del 2009, 2010 y 2011
- Cuadro 19. Fechas de cosecha durante las campañas 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011. RDC incluye los T1, T2, T3 y T2-3.
- Cuadro 20. Calibre del fruto de acuerdo a los tratamientos de riego.
- Cuadro 21. Composición mineral de la pulpa y piel de frutos del níspero japonés, cv. 'Algerie', sanos y afectados de mancha púrpura en enero. Los resultados son promedios de cinco repeticiones. Valores de macronutrientes expresados en % de materia seca y micronutrientes en ppm.
- Cuadro 22. Calendario de tratamientos fitosanitarios en níspero japonés.

# **INTERÉS Y OBJETIVOS**

## **1. Interés y objetivos**

### **1.1 Origen y distribución**

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl) pertenece a la familia Rosaceae, subtribu Pyrinae (anteriormente subfamilia Maloideae; Potter et al., 2007), y es por ello un frutal de pepita con fruto en pomo. A pesar de su epíteto específico su origen es China y no Japón, lugar del cual partió hacia Europa. Su origen parece localizarse en la región media y baja del río Dadu y de las montañas Gongga en el Sudeste de China, situado en la región suroriental de Cantón (Badenes et al., 2009). Existen evidencias del cultivo del níspero japonés de más de 2000 años de antigüedad (Sima, 100 a.C. cit. por Lin et al, 2007), aunque la primera referencia escrita fue hallada en China en un documento datado entre el 502 y 506 de la era moderna. La entrada en Europa se realizó en el siglo XVIII inicialmente como árbol ornamental. Fueron los padres jesuitas, quienes lo llevaron desde Japón a Isla Mauricio y desde allí a Francia, al Jardín de las Plantas de París. En España, fueron marinos mercantes los que introdujeron este cultivo en la zona de Sagunto hace unos 200 años. Desde allí, el níspero japonés se expandió por el Sudeste de la Península Ibérica (Rodríguez, 1983). La mayor presencia del níspero se ha localiza en la zona costera mediterránea, aunque podemos encontrar algunas plantaciones aisladas en zonas del interior de la Península Ibérica.

En el siglo XIX se seleccionaron árboles de níspero que producían frutos de mayor tamaño y mejor sabor, aptos para su consumo, lo que permitió que se iniciase el consumo de sus frutos en toda el área mediterránea, donde se adaptó muy bien a las zonas de cultivo de los cítricos (Llácer et al., 1999; Calabrese, 2006). Aunque ya desde entonces fue frecuente encontrarlo en jardines y huertos familiares, el cultivo intensivo no empezó a desarrollarse hasta finales de la década 1961-70, cuando comenzaron a implantarse variedades de la Cuenca Mediterránea y de países asiáticos, seleccionándose en base a la adaptación al medio ambiente español y a la calidad comercial del fruto (Calabrese, 2006). La mayor parte de la producción de nísperos se comercializa para su consumo en fresco, aunque los frutos también se presentan en almíbar, y se elaboran mermeladas y zumos con su pulpa (Gisbert et al., 2007). La miel

uniflora del níspero es también muy apreciada en las zonas de cultivo (Llácer y Soler, 2001).

Actualmente, el cultivo del níspero japonés se ha extendido en todo el mundo, tanto por su valor ornamental como por sus apreciados frutos. Las principales áreas de cultivo están localizadas entre los paralelos 25° y 38° Norte y Sur, destacando países como China, Japón, India, Pakistán, Estados Unidos (en los estados de California y Florida), Brasil, Venezuela, Australia y en países del Mediterráneo como Argelia, Marruecos, España, Italia, Turquía, Grecia, Israel y Portugal. A pesar de esta amplia distribución, la principal importancia de este cultivo la encontramos en China, Japón y en el área mediterránea (Fig. 1).



Figura 1. Principal zona de distribución del cultivo del níspero japonés. Fuente: Calabrese (2006).

## **1.2 Análisis de la situación del cultivo del níspero japonés**

La superficie mundial cultivada de níspero japonés en el mundo asciende a 127.381 ha. El principal productor mundial de níspero japonés es China con 453.600 t anuales y con una superficie de cultivo de 118.270 ha, que representan aproximadamente el 90% de la superficie mundial. Sin embargo, España controla el mercado internacional (Lin, 2007). Otros países con superficie de cultivo extensa son, además de China y España, Japón, India, Pakistán y Turquía (Lin, 2007) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución por países de la superficie y producción mundial de níspero japonés. Fuente: Lin (2007).

<b>País</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>% Superficie</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>% Producción</b>
China	118270	92,8	453600	82,6
España	3023	2,4	43300	7,9
Japón	2420	1,9	10240	1,9
Pakistán	1380	1,1	9870	1,8
Turquía	820	0,6	12000	2,2
Italia	660		4410	
Marruecos	380		6400	
Israel	330		3000	
Grecia	30	3,0	2750	3,0
Brasil	30		2400	
Portugal	24		950	
Chile	14		300	
<b>Total</b>	<b>127381</b>		<b>549220</b>	

En China, el aumento de la producción de níspero ha sido exponencial desde 1970. Actualmente, el níspero se cultiva en 20 de las 32 provincias chinas, casi todas por debajo de la latitud 35° N. En este país existe la tradición de esperar a que la planta procedente de semilla entre en producción y, después de evaluar el fruto, se decide si dejar el árbol o injertarlo. Ello ha generado un número considerable de cultivares. Lin (2004) indica que existen más de 379 cultivares de pulpa clara (en general con fruto pequeño, de alta calidad y notable tolerancia al frío), semiamarilla y amarilla (en este caso suelen ser frutos grandes, de peor sabor y menor tolerancia al frío). Los cultivares chinos más importantes son ‘Zhaozhong’, ‘Runtiao-Baisha’ y ‘Jiefanzhong’ (Lin, 2004). La provincia líder del cultivo del níspero en China es Sichuan que ha desplazado en los últimos años a la provincia de Fujian (Lin, 2007).

La comercialización del níspero japonés en China se realiza principalmente en los denominados “free wet markets” o “mercados Nong-Mao”, que son mercados al aire libre en los que la relación productor-consumidor se desarrolla sin intermediarios. En los últimos años y debido a la notoriedad alcanzada por este comercio directo en China, la opción mayorista ha perdido relevancia, surgiendo un nuevo formato de comercio

directo al por menor que son los supermercados, que sustituyen en no pocas ciudades a los tradicionales mercados comunales. Esta práctica ha derivado en mejoras en la infraestructura destinada a la distribución del níspero. La estructuración de las cadenas comerciales, justifica en parte la inexistencia de datos estadísticos oficiales respecto a producción y precios del níspero en China (Beijing Seabridge Marketing, 2005). La previsible modernización de la cadena comercial china supondrá en el futuro una fuerte competencia a la producción española. Los datos que actualmente se manejan ponen de manifiesto que el níspero alcanza precios de hasta 10 yuan/kg (1.2 €/Kg) en China (Zheng et al., 2007).

Japón, considerado en el pasado uno de los principales productores de níspero es el país originario de muchas de las variedades comerciales de hoy en día (Llacer et al., 2002). Las principales regiones del cultivo se localizan en torno a Nagasaki y Kagoshima. Su principal destino son los mercados locales, principalmente de Tokio y Osaka.

Pakistán es el primer país con grandes plantaciones y el principal productor de sureste asiático. Como en todos los países del Hemisferio Norte, en Pakistán el níspero es una fruta muy popular ya que es de las primeras frutas que podemos encontrar en primavera. Principalmente podemos encontrar dos variedades: una variedad local que debido a sus características no permite su exportación, con lo cual se consume en los mercados locales y como variedad más comercial encontramos la variedad de origen japonés ‘Tanaka’ (Llacer et al., 2004). El principal destino de sus exportaciones es Dubai.

Turquía a pesar de presentar una pequeña superficie de producción es uno de los principales productores debido a sus buenos rendimientos (Cuadro 1). La principal zona de cultivo de níspero japonés se localiza en la costa Mediterránea (Llacer et Badenes, 2003). Los problemas que presenta el níspero japonés en la zona son principalmente el riesgo de heladas y la competencia por las tierras de cultivo con otros frutales como los cítricos o con los cultivos de invernadero.

En la cuenca mediterránea, el cultivo del níspero tradicionalmente se ha realizado en pequeños huertos familiares o pequeñas plantaciones destinando la

producción al consumo local. En Chipre, Grecia, Israel e Italia, los cultivares más utilizados corresponden a variedades locales. Sin embargo, en Turquía, Marruecos y Portugal los principales cultivares son foráneos ('Golden Nugget', 'Tanaka' y 'Algerie') (Llácer et al., 2004).

### **1.3 Rentabilidad del cultivo**

El cultivo del níspero en España se realiza principalmente en huertos familiares con altas densidades de plantación. La producción es de alta calidad, de acuerdo con la demanda del mercado; lo cual requiere grandes inversiones. El coste de mano de obra representa el 75% de los costes totales del cultivo (Caballero y Fernández, 2004). Aunque algunos agricultores comercializan su propia producción, la mayoría de los productores están asociados mediante cooperativas. Los agricultores llevan por lo general el producto a las cooperativas ya clasificado y empaquetado. Una vez en las cooperativas, el producto es examinado y reclasificado para cumplir con los estándares de calidad.

Hasta hace poco tiempo el cultivo de níspero sólo era conocido en las regiones en las que se producía, y su difusión lejos de estas zonas era escasa debido a su poca resistencia al transporte. A finales del siglo pasado, surgió un nuevo interés en España sobre este cultivo que contribuyó decisivamente al desarrollo del mercado internacional, sobre todo europeo. En la actualidad el cultivo del níspero, junto a otros cultivos subtropicales, se presenta como una alternativa de diversificación de cultivos en zonas costeras donde el clima es benigno. Entre estas zonas podemos destacar el campo almeriense, donde se producen los nísperos más precoces de España (Hueso et al., 2003). De esta manera la zona productora se encuentra mayoritariamente en la costa Sureste de la Península Ibérica (Fig. 2), existiendo dos grandes zonas donde se concentra el cultivo del níspero: la Comunidad Valenciana y Andalucía. Aproximadamente el 60% de la producción provienen de la provincia de Alicante; y la parte restante proviene casi en su totalidad de Andalucía (Caballero y Fernández, 2004).





Figura 2. Representación de las principales zonas de cultivo del níspero según fechas previstas de recolección para una fecha de floración del 15 de noviembre. Fuente: Hueso et al. (2003).

Actualmente España es el segundo país productor tras China (Lin, 2007). La comercialización internacional del níspero sólo representa un 7,4% del total de la producción mundial (Caballero y Fernández, 2004), sin embargo, las exportaciones españolas representan el 84% del comercio internacional y representan entre el 36 y el 47% de la producción total del país. A pesar de que el níspero se exporta a muchos países, más del 80% de las exportaciones están destinadas a Italia, Portugal y Francia (Soler et al., 2007).

En España, la producción llegó a superar las 47.000 t en los primeros años de este siglo, aunque en los últimos años se ha observado una tendencia decreciente hasta caer por debajo de las 29.000 toneladas en 2013 (Fig. 3). En el año 2005, se produjo un descenso muy acusado en la producción debido a las bajas temperaturas registradas durante el mes de febrero. Este hecho hizo que se registrase una producción sensiblemente menor a lo esperado. La superficie del cultivo también ha disminuido, pasando de alrededor de 3.000 ha en el año 2000 hasta las 2.600 ha actuales (MAGRAMA, 2015). Sin embargo, la situación económica surgida en los últimos años ha impulsado en recuperar parcelas que habían sido abandonadas poniéndolas de nuevo en producción.

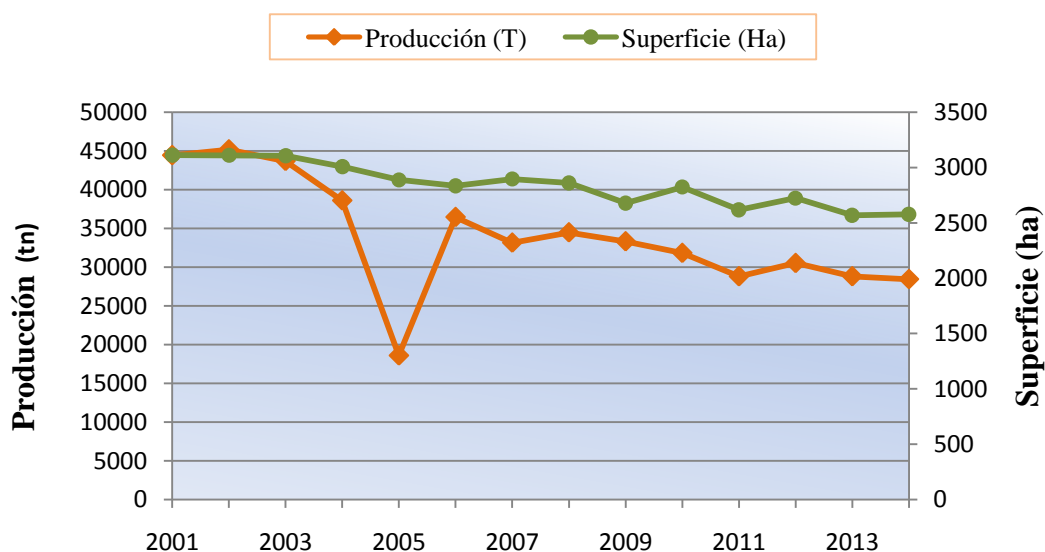


Figura 3. Evolución de la superficie y producción dedicada al cultivo de níspero japonés en España. Fuente: MAGRAMA (2015).

De acuerdo a los datos del MAGRAMA del 2015, la producción española alcanzó en 2014, 28.449 t obtenidas en una superficie de cultivo de 2.579 ha. Esta producción se concentra en las Comunidades Autónomas de Valencia y Andalucía. La Comunidad Valenciana es la principal productora con algo más del 56% de la producción localizada en la costa levantina (Fig. 4), destacando sobre todo la provincia de Alicante, donde se encuentra la DOP del níspero de Callosa d'en Sarrià. En esta zona la comercialización se realiza mayoritariamente a través de las cooperativas de Callosa y Altea. El cultivar de mayor importancia en Alicante es 'Algerie', oriundo de Argelia, y sus mutaciones representando el 98% de la producción total (Caballero y Fernández, 2003). El resto corresponde a 'Golden Nugget', 'Magdal', 'Peluche' y 'Nadal'. El cultivar 'Algerie' si bien su nombre proviene de Argelia fue multiplicado comercialmente en Alicante. En el pasado la variedad 'Tanaka', originaria de Japón, fue cultivada en la zona de Sagunto (Valencia) y Segorbe (Castellón) (Martínez-Calvo et al., 2000).

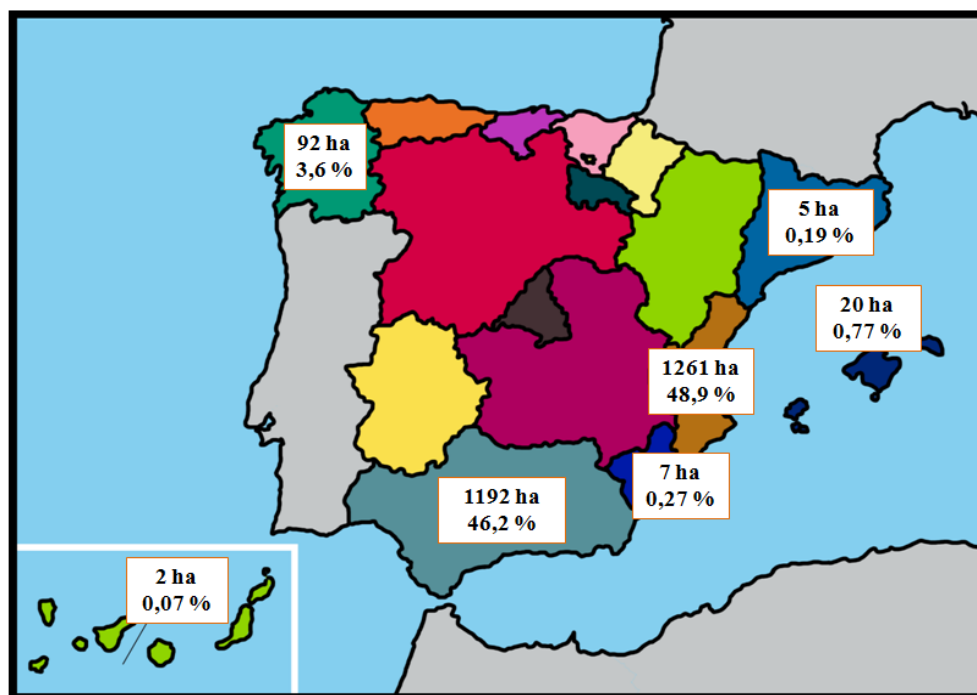


Figura 4. Distribución de la superficie y producción en porcentajes cultivo de níspero en España por comunidades autónomas. Fuente: anuario de Estadística Agroalimentaria del MAGRAMA de 2015.

En Andalucía, las plantaciones aumentaron considerablemente entre los años 1986 y 1993, pasando de 603 ha en el año 1986 a 940 ha en el año 1993, lo que supuso un incremento del 55%. Este incremento no ha sido constante ya que en los años 87 y 88 disminuyeron sobre todo en las zonas de Almuñécar, Jete y Otívar, creciendo nuevamente a partir del año 1989 (Cabezas, 1993). En la actualidad, en Andalucía se produce algo más del 42% del níspero español, las zonas productoras se sitúan en las depresiones litorales de Vélez-Málaga y Málaga, celebrándose incluso en el municipio de Sayalonga el día del níspero desde hace 31 años, y en los regadíos de la Costa Tropical granadina (Motril, Almuñécar, Salobreña, Jete, Otívar, Ítrabo y Lentejé). En los últimos años, Andalucía emerge como una zona pujante con un rápido desarrollo del cultivo y producciones más precoces que amenazan la primacía de la Comunidad Valenciana. Granada es la provincia andaluza con mayor superficie cultivada con 816 ha. A continuación le sigue Málaga con 330 ha. En Almería, la superficie de cultivo es bastante reducida, aproximadamente 9 ha (Fig. 5). La variedad más importante en Andalucía es 'Golden Nugget' con un 90% de la producción regional. Esta variedad proviene de California (Caballero y Fernández, 2004). En Andalucía la

comercialización está más atomizada y en manos de empresas privadas, ya que el cooperativismo no está arraigado. Las más importantes son Frutas Fajardo, Frutas el Romeral, Los Cursos y Hercofrut S.C.A. La SAT TROPS de Vélez-Málaga está empezando a tener bastante interés por este producto.

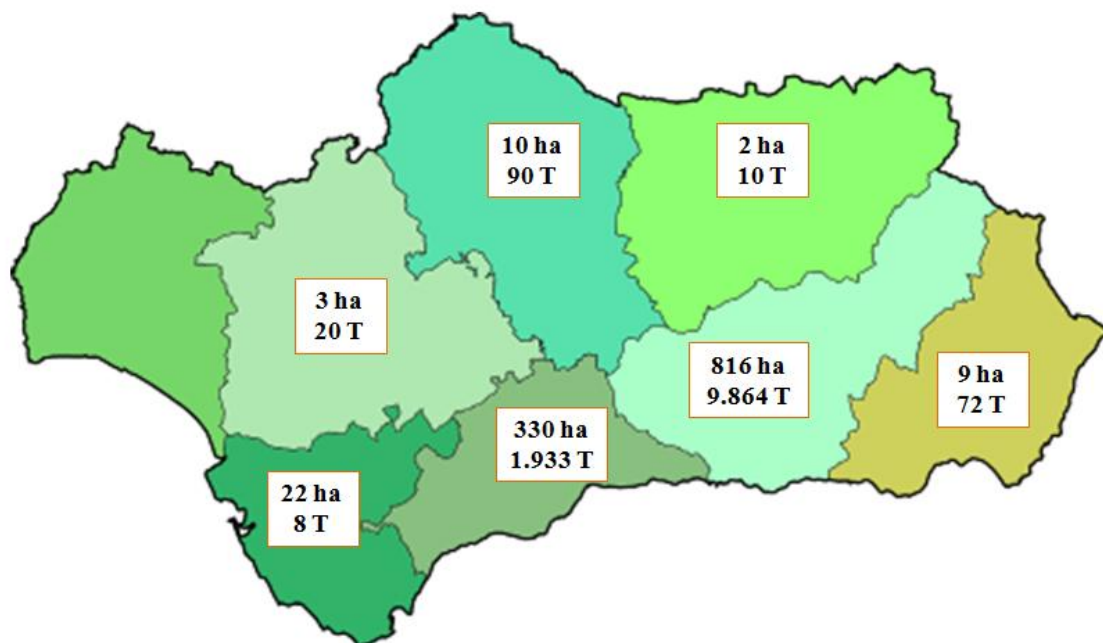


Figura 5. Distribución de la superficie y producción cultivo de níspero en Andalucía por provincias. Fuente: anuario de Estadística Agroalimentaria del MAGRAMA de 2015.

En España, el valor económico de este cultivo está determinado por su fecha de maduración. Los frutos del níspero maduran desde marzo hasta la primera mitad de junio, apareciendo en el mercado como la primera fruta de temporada en primavera. En este sentido, el níspero es un frutal singular: tiene un carácter subtropical y es de hoja perenne, pero presenta una fenología inusual ya que florece en otoño en vez de en primavera, desarrolla sus frutos en primavera en vez de hacerlo durante el verano, y madura sus frutos en primavera cuando lo habitual en frutales de zonas templadas es extenderse desde el verano al otoño (Llácer et al., 2002; Badenes et al., 2006). Debido a su floración otoñal y fructificación invernal está circunscrito a zonas de inviernos cálidos, donde su cultivo es una alternativa frutal interesante gracias a que la precocidad de sus frutos permite obtener altos precios para su producción (Rodríguez, 1983). En esta singularidad radica su interés económico.

Así, los mejores precios se alcanzan en las primeras semanas de entrada del producto al mercado, desde finales de marzo hasta mediados de abril, por lo que la precocidad de la cosecha es fundamental para conseguir buenos ingresos. A partir del mes de mayo, los precios caen y ya no se recuperan apenas. La evolución de los precios presenta una tendencia decreciente marcada a lo largo de la campaña debido fundamentalmente al incremento de la oferta de níspero y a la aparición en el mercado de otros frutos de temporada (Fig. 6).

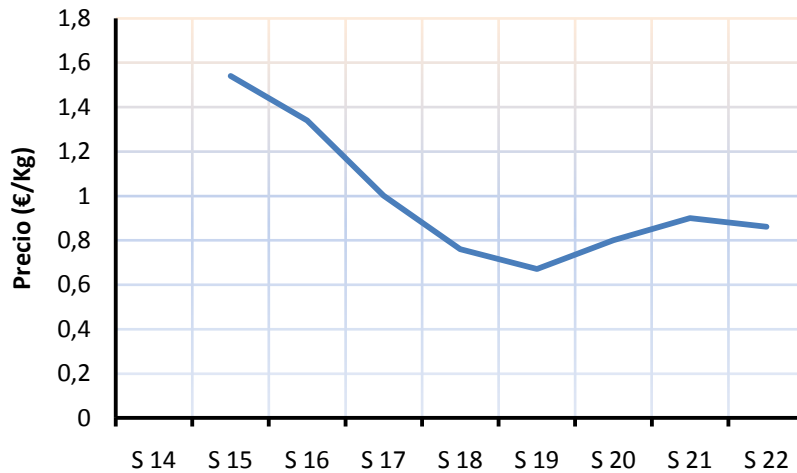


Figura 6. Evolución semanal del precio del níspero de categoría I durante la campaña 2014-2015. Fuente: Observatorio de precios y mercados (Junta de Andalucía) (2015).

La calidad del fruto es un aspecto también determinante a la hora de una exitosa comercialización del níspero. En España, existen las siguientes categorías comerciales: Extra, categorías ‘I’, ‘II’ y ‘III’, de acuerdo a la calidad, forma, desarrollo y, coloración típica de la variedad (BOE, 1987). Dentro de este concepto de calidad se incluye no sólo la coloración, sino la ausencia de daños en la superficie del fruto. En este sentido, el fruto del níspero es muy frágil, y muestra con frecuencia daños magulladuras debidas a un trato descuidado, y daños por arañazos causados por las hojas del ramo (accidente conocido como “taramado”). Específicos del níspero japonés son los daños debidos a la aparición de la fisiopatía conocida como mancha morada (“purple spot”) cuyos factores condicionantes se analizan en el curso de este trabajo.

Otro aspecto determinante en el cultivo del níspero japonés es el calibre del fruto, ya que a mayor calibre de éste mayor precio se obtendrá (Fig. 7). El calibre se determina mediante el diámetro máximo de la sección ecuatorial del fruto ( $\emptyset$ ),

agrupándolos en las diferentes categorías, desde GGG ( $\varnothing \geq 53$  mm) hasta ( $25 \leq \varnothing < 32$  mm) (MAPA, 1990).

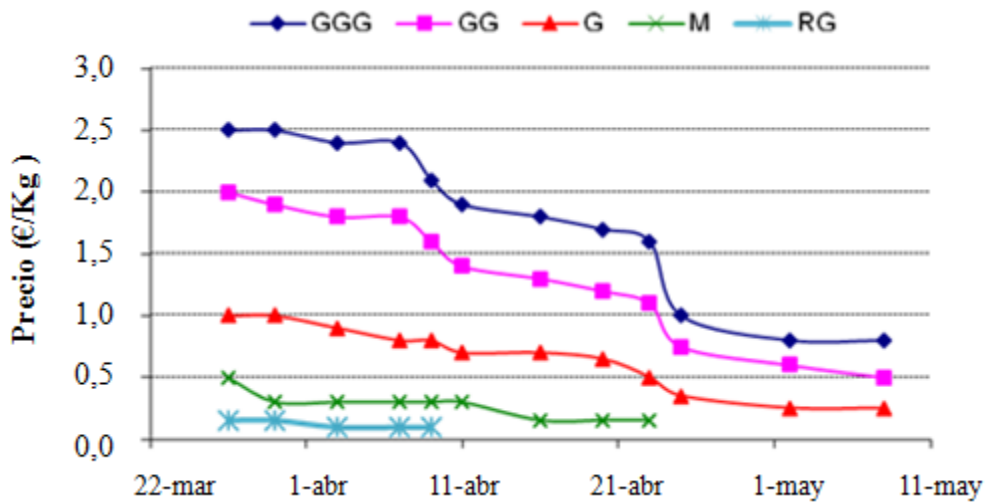


Figura 7. Evolución del precio del níspero por categorías en la campaña 2011-2012.  
Fuente: Hercofrut (Almuñécar, 2012).

#### **1.4 Problemática de la mancha morada en el cultivo**

El níspero es una alternativa de cultivo con precios muy interesantes en zonas precoces de Andalucía como son las costas de Almería, Granada y Málaga. Como ya se ha comentado, esto es debido a que aparece en el mercado al inicio de la primavera cuando hay poca oferta de otras frutas de estación y buenas perspectivas de consumo tras el invierno. Los costes del cultivo del níspero japonés son elevados con respecto a otros frutales. Los costes en concepto de tratamientos fitosanitarios, abonado y riego no difieren en gran medida de los de otras especies frutales (Caballero, 1993). Sin embargo, el 75% del total de los costes del cultivo son debido a la gran cantidad de la mano de obra para realizar operaciones manuales de poda, aclareo de fruto, ya que cuaja en exceso de forma natural, y a las operaciones de recolección y manipulación que deben hacerse manualmente y de un modo cuidadoso para evitar en lo posible los golpes que lo ennegrecen y le dan un aspecto poco presentable. Además no es fácil encontrar mano de obra especializada. De hecho, esta carencia condiciona incluso el dimensionamiento de las parcelas, muy reducidas y familiares, porque el uso de mano de obra familiar ha sido hasta ahora el recurso más utilizado. En el caso de la

recolección se opta actualmente por utilizar patrones poco vigorosos y sistemas de formación que limiten la altura de árbol, consiguiendo así que los frutos estén al alcance de la mano de los recolectores desde el suelo (Caballero, 1993).

Se estima que los costes totales de producción para una explotación de níspero japonés, cultivar *Algerie* con una producción media de 25.000 kg/ha, son de 16.300 € (Caballero y Fernández, 2004), es decir, partimos de unos costes de 0,65 €/kg. El precio medio del níspero de la última campaña 2015 ha sido de 0,98 €/Kg (Observatorio de precios y mercados de la Junta de Andalucía, 2015). Para conseguir una mayor rentabilidad del níspero es necesario, pues, reducir los costes de producción, en particular los de mano de obra, mejorar los rendimientos, la calidad de la cosecha y ampliar la oferta con producciones más precoces (Cuevas et al., 2003).

La importancia de la precocidad invita a una recolección temprana por parte del agricultor, mediante el uso de diferentes técnicas que no perjudiquen a la calidad del producto. En esta línea, resulta oportuna la implementación de estrategia de riego deficitario que se han venido desarrollando en los últimos años para mejorar su precocidad. El riego deficitario controlado (RDC) consiste en aplicar una estrategia para reducir los aportes de riego durante todo el ciclo de cultivo, excepto en los denominados periodos críticos, en los que se debe cubrir plenamente las necesidades de la planta para no comprometer la producción (Mitchell et al., 1989). Con la aplicación del RDC prefloración se restringe el riego durante algunas semanas tras la recolección para promover una floración más temprana en la siguiente campaña. Estudios realizados por Fernández et al. (2009) ponen de manifiesto que mediante una restricción del riego hasta alcanzar 45 MPa\*día en la integral de estrés hídrico se obtienen los resultados más satisfactorios. Estos niveles de estrés vienen alcanzándose mediante la supresión del riego por unas 6-8 semanas comenzando con el mes de junio (Fernández et al., 2009). Diferentes estudios sobre níspero japonés cv. 'Algerie' demuestran que un riego deficitario controlado (RDC) en prefloración resulta eficaz para adelantar la floración y con ello la recolección siguiente, consiguiendo con ello un aumento importante en la rentabilidad del cultivo y un uso más eficiente del agua (Hueso y Cuevas, 2007).

Las técnicas de cultivo, como la aplicación de un RDC, que pretenden exaltar la precocidad con el objetivo de mejorar la rentabilidad del cultivo, pueden intensificar la

aparición de la mancha morada: una alteración fisiológica frecuente que se manifiesta en el níspero afectando la epidermis del fruto, produciendo manchas pardo violetas que desmerecen su calidad comercial. En España se considera que el 15% de la producción resulta afectada por término medio por mancha morada afectando al precio del fruto en un 40-50% (Gariglio et al., 2002). Junto con el tamaño del fruto, la presencia de mancha morada y la precocidad son los aspectos más importantes en la determinación del precio final del producto.

El tamaño puede ser modificado mediante la aplicación de técnicas de cultivo, pero la mancha morada constituye un problema poco conocido y de difícil solución. Su causa no está bien determinada ya que pueden influir diversos factores que se analizarán en este trabajo, pero si bien la alteración aparece durante todo el periodo de cosecha, es proporcionalmente más importante al inicio de la misma. Los frutos provenientes de variedades temprana, partes del árbol más expuestas al sol en parcelas más precoces, presentan mayor incidencia de mancha morada (Agustí et al., 2006). El exceso de abonado nitrogenado y el uso de prácticas tendientes a aumentar el tamaño del fruto son otros factores que elevan el porcentaje de frutos afectados. A pesar de ello debemos tener en cuenta que existen diferencias varietales notables. Asimismo, el hecho de que la sintomatología de la mancha morada aparezca en un momento muy puntual del desarrollo del fruto como es el cambio de color pone de manifiesto que no solo afectan factores exógenos, sino también factores endógenos del fruto.

### **1.5 Objetivos**

En función de la información antes expuesta, en este trabajo fin de grado se plantean los siguientes objetivos:

- Determinar los factores ambientales y culturales que promueven o minimizan la aparición de la fisiopatía conocida como mancha morada, basándose en la incidencia de tres campañas, 2008-2009, 2009-2010 y 2010-2011, en respuesta a riego deficitario controlado y en función de la ubicación del fruto dentro del dosel vegetal.



## INTERES Y OBJETIVOS

- Segregar el efecto de la precocidad de la fruta del clima en la aparición de la fisiopatía.
- Y en consecuencia proponer medidas que permitan reducir la incidencia de la fisiopatía conocida como mancha morada.

# **FASES DE DESARROLLO**

## **2. Fases de desarrollo**

- Enero-Abril 2009. Toma de datos correspondientes a la campaña 2008-2009.
- Enero-Abril 2010. Toma de datos correspondientes a la campaña 2009-2010.
- Enero-Abril 2011. Toma de datos correspondientes a la campaña 2010-2011.
  
- Septiembre-Julio 2017. Procesado, análisis de datos y elaboración de resultados y conclusiones. El tratamiento de los datos implica análisis de la varianza de una y dos vías, donde se analizan los diferentes parámetros de los que se han tomado datos.

# **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **3. Revisión bibliográfica**

#### **3.1 Origen y Taxonomía del níspero japonés**

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl) es un frutal con más de 2000 años de cultivo (Sima, 100 a.C.) (Lin et al, 2007). Los datos más recientes indican que es una especie nativa de la región media y baja del río Daduhe, localizado en la ladera Sur de las montañas Gongga en el Oeste de Sichuan en China (Badenes et al., 2009). Una de las primeras referencias del cultivo del níspero es un documento escrito en China y datado entre el 502 y el 506 de la era moderna, referido a la localidad china de Tedote. La figura 8 representa un grabado anónimo de la época de la dinastía china Song. Desde China, el níspero pasó a Japón, donde su cultivo data desde la antigüedad, encontrándose registros del año 1180 (Ichinose, 1995). No obstante, hay que remontarse al año 1690 para encontrar la primera descripción completa del níspero. Esta descripción fue realizada por el botánico alemán, Engelbert Kaempfer.



Figura 8. Grabado chino perteneciente a la dinastía Song (Artista Chino anónimo, 1277-1279).

En el año 1926, el botánico ruso Vavilov Ivanovic publicó el texto *Centres of origin of cultivated plants* en el que identificó ocho “centros genéticos” con fuertes

concentraciones de plantas de interés agrícola. Uno de estos “centros genéticos” se encuentra en el Sur de China, en el valle del río Daduhe (Agustí et al., 2006). Desde este centro de origen, y más concretamente desde Guangdong (la antigua ciudad de Cantón), el níspero se introdujo en el Jardín Nacional de París en 1784, y tres años más tarde, en 1787, en los Jardines Botánicos Reales de Kew en Inglaterra. A partir de entonces, el níspero se difundió a todos los países mediterráneos, incluidos Argelia, Chipre, Egipto, Grecia, Israel, Italia, España, Túnez y Turquía. En España, el níspero fue traído por el capitán Roig a la ciudad de Sagunto, en el Levante español (Agustí et al., 2006). En algún momento entre 1867 y 1870, el níspero fue llevado desde Europa a Florida, y desde Japón a California. Los inmigrantes chinos fueron los que se supone que llevaron el níspero a Hawai (Morton, 1987). Posteriormente, el cultivo se extendió a la India y al sudeste de Asia, las Indias Orientales, Australia, Nueva Zelanda, Madagascar y Sudáfrica (Fig.9).

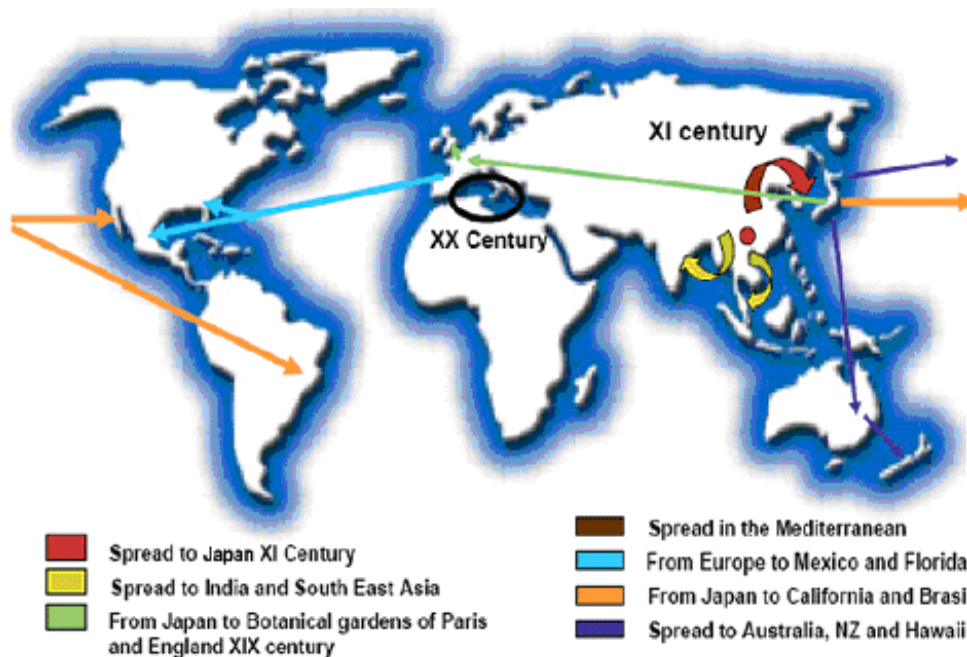


Figura 9. Origen y expansión del cultivo del níspero japonés por el mundo. Fuente: Badenes et al. (2009).

El níspero, hoy en día, se cultiva en las áreas localizadas entre los paralelos 25° de latitud Norte y 38° de latitud Sur. Tres son las zonas de producción más importantes: China, Japón y el Mediterráneo (destacando aquí España, Turquía e Italia). A pesar de que el níspero se distribuye en muchos países asiáticos (Laos, Nepal, Pakistán, Corea

del Sur y Vietnam), por Armenia, Azerbaijan y Georgia, y en naciones de las Américas, entre ellas Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Guatemala, México, y Venezuela (Badenes et al., 2009), continúa siendo un cultivo minoritario, de los denominados cultivos menores o infrautilizados (Lin et al., 1999). España es el segundo país productor mundial después de China. Su producción es de unas 40.000 toneladas por año, de las que entorno al 83% es exportada, siendo su principal destino países de la Unión Europea (Lin et al., 2007).

Desde el punto de vista taxonómico, el níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Se encuadra en:

<b>División:</b>	Spermatophyta
<b>Subdivisión:</b>	Magnoliophytina (Angiospermae)
<b>Clase:</b>	Magnoliatae (Dicotyledoneae)
<b>Subclase:</b>	Roside
<b>Orden:</b>	Rosales
<b>Familia:</b>	Rosaceae
<b>Subfamilia:</b>	Pyrinae
<b>Género:</b>	<i>Eriobotrya</i>
<b>Especie:</b>	<i>japonica</i>

El níspero japonés fue llamado con anterioridad *Mespilus japonica*, también *Photinia japonica* (Ochse et al., 1974). Por lo tanto, con anterioridad estuvo incluido en el género *Mespilus* al que también pertenece el níspero europeo "*Mespilus germanica*". (Fig. 10) de consumo y cultivo muy reducido. El nombre del género proviene de la unión de dos palabras griegas "erion" que significa lana y "botrys" que significa racimo, haciendo alusión a la pilosidad que presenta la inflorescencia y muchos de sus órganos (López-González, 1982). El número de especies dentro del género *Eriobotrya* varía según la opinión de los distintos autores, aunque se cree que hay al menos 22 especies y 10 variedades, la mayoría de éstas originarias del Sur de China (Lin, 2007). Solamente la especie *Eriobotrya japonica* es cultivada por sus frutos.



Figura 10. Níspero europeo (*Mespilus germanica*).

### **3.2 Ecología y morfología del níspero japonés**

El níspero es una especie de zonas templadas con clima monzónico que se adapta muy bien a los climas templado-cálidos con inviernos largos, frescos y lluviosos. El níspero es muy sensible a los fríos invernales; por ello, es aconsejable realizar las plantaciones en zonas resguardadas del frío y del viento, ya que éste puede dañar bastante al fruto (“taramado”) (Agustí et al., 2004). En caso de heladas invernales, la parte más sensible son los pequeños frutos recién cuajados y las flores abiertas, no así las cerradas y los órganos vegetativos que presentan mayor tolerancia a bajas temperaturas (Rodríguez, 1983).

El níspero japonés es un árbol vigoroso, productivo, de buen porte que oscila entre los cinco-seis metros de altura, aunque puede alcanzar los ocho metros y de rápida entrada en producción (2-3 años), con tendencia a la verticalidad según Agustí et al. (2006). La forma de la copa en cultivo es con frecuencia esférica, aunque la mayoría de las variedades tienden naturalmente a la forma piramidal (Fig. 11). El níspero al ser de hoja perenne, con frutos atractivos en invierno y tener una forma majestuosa, es empleado en muchos países como árbol ornamental (Rodríguez, 1983).





Figura 11. Árbol de níspero japonés injertado en membrillero de Provence.

Los suelos más adecuados para el cultivo del níspero japonés son suelos francos, profundos, con alto contenido en materia orgánica y con buen drenaje. Los suelos arcillosos favorecen su desarrollo vegetativo y el tamaño del fruto. Los suelos arenosos, por el contrario, favorecen la precocidad y la calidad del fruto. Sin embargo, en estos suelos el tamaño de sus frutos disminuye (Agustí, 2004). El níspero es muy sensible a la asfixia radical y a la salinidad, aún más injertado sobre patrón franco (Burló et al., 1997). Valores de pH próximos a la neutralidad (6-8) son los más adecuados, siendo particularmente perjudiciales los suelos ácidos (Agustí et al., 2006). El níspero japonés injertado sobre patrón franco desarrolla una raíz principal pivotante, con gran poder de penetración en terrenos sueltos y de regadío, pudiendo alcanzar una profundidad de hasta tres metros. Esta raíz ramifica en raíces secundarias superficiales que logran una expansión lateral de unos 30 cm de radio. En estas raíces secundarias aparecen raicillas, que son escasas y delicadas (Agustí et al., 2006). Cuando se injerta sobre membrillero, el sistema radical es menos potente y más superficial.

En general, el níspero presenta un tronco erecto que puede alcanzar una altura media entre 0,75-1,25 m de altura. A partir de aquí se ramifica en varios brazos, oscilando generalmente entre dos y cinco. Este tronco presenta una corteza rugosa con descamado anual de color gris (Fig. 12) (Rodríguez, 1983). El níspero japonés se puede

conducir en sistemas de eje central y en sistemas abiertos, siendo lo más frecuente una formación en vaso bastante irregular, aunque también se puede formar en pirámide libre.



Figura 12. Formación en vaso del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.).

Las ramas principales del níspero son gruesas y cortas, con entrenudos relativamente largos. Las ramas presentan un color gris-claro. Por norma general se hallan generalmente desprovistas de hojas, salvo en sus extremos. Las ramas nuevas brotan de las yemas terminales y en menor medida de yemas laterales, originando los ramos de fructificación (Rodríguez, 1983), que pueden considerarse fisiológicamente ramos de un año, aunque cronológicamente proceden de la brotación de la primavera previa y con un reposo veraniego mediante.

Las hojas del níspero japonés se encuentran preferentemente sobre los ramos de un año y son de corta vida. Aunque se trata de un árbol de hoja perenne, en la brotación se produce una caída natural de hojas, que afecta principalmente a las ramas de dos y tres años, las cuales quedan desprovistas de hojas (Rodríguez, 1983). La senescencia de las hojas ocurre a lo largo de todo el año aunque hay una mayor renovación durante la brotación en verano (Martínez-Calvo et al., 2000). Las hojas se disponen en forma alterna, son elíptico-lanceoladas, de consistencia coriácea con nervios centrales pronunciados y su longitud oscila entre 18 y 45 cm, según la variedad. El pecíolo de la

hoja del níspero japonés es corto y está revestido de una pelusa bruñida. El color del haz es verde oscuro mientras que el envés presenta un aspecto algodonoso y un color gris ceniza (Martínez-Calvo et al., 2000). El tamaño y grosor de las hojas de los árboles adultos tienen una relación directa con las dimensiones de los racimos de flores y el volumen de los frutos, de ahí que se prefieran variedades de hojas grandes (Gallego, 1991). La pubescencia que presenta el níspero es bastante apreciable e incluso como ya se comentó anteriormente da nombre al género; esta aparición de pubescencia en algunas zonas de la planta responde tanto al intento de reflejar los rayos solares, para evitar la deshidratación o protegerse de las quemaduras, como la necesidad de protegerse de las bajas temperaturas nocturnas. Esta característica es típica de especies que viven habitualmente en lugares donde se producen grandes contrastes térmicos (López-González, 1982).

La inflorescencia del níspero japonés es una panícula de entre 18 y 40 cm de longitud y con forma piramidal (Agustí et al., 2006). Cada panícula consta de un eje principal en el que se insertan de cinco a diez brazos que contienen un número variable de flores. Las flores son pequeñas, de pétalos blancos y cáliz marrón pubescente (Agustí et al., 2006). El número de flores por panícula oscila entre 100 y 200, dependiendo de las condiciones agroclimáticas del cultivo (Lin et al., 1999), para las condiciones climáticas mediterráneas, la panícula se origina entre finales del verano y principios del otoño. Muestreos y conteos precisos realizados durante varios años en la Estación Experimental de Cajamar Las Palmerillas en El Ejido (Almería) indican que las inflorescencias de 'Algerie' poseen una media cercana a las 200 flores (Hueso et al., 2005). El comportamiento basítono de la panícula hace que las primeras flores en alcanzar la antesis aparezcan en las ramificaciones basales de la panícula y dentro de éstas, en las flores más apicales de cada brazo de la inflorescencia. La más temprana antesis de estas flores le permite dar frutos tempranos de mejor tamaño y mejor color. El periodo de tiempo necesario para que florezca toda la panícula varía entre dos y cuatro semanas, aunque cada flor permanece receptiva sólo entre cinco y siete días (Rodríguez, 1983). Cuevas et al. (2003) ratifican que la floración dura más de 4 semanas, aunque cada flor solo es viable durante 5-7 días. Las flores son hermafroditas, blancas y pequeñas (12-20 mm), muy aromáticas, de un grato olor a almendra muy apreciado por las abejas. La flor presenta simetría pentámera. Su diagrama floral es:  $5S+5P+20E+5P+O$  (McGregor, 1976). La época de floración del níspero varía según las



condiciones climáticas y la variedad. Según Martínez-Calvo (2000), la floración puede extenderse desde octubre a enero. En nuestro país el cv Algerie florece durante la primera quincena de noviembre y parte de la segunda. Para obtener una buena floración tanto en calidad como en cantidad debemos tener presente que el cuajado de las flores del níspero japonés depende tanto de la actividad de los insectos polinizadores (Fig. 14) como de la presencia de pies polinizadores, ya que la especie se considera parcialmente autocompatible (Cuevas at al., 2003).



Figura 13. Panícula de níspero japonés antes de la floración (*Eriobotrya japonica* Lindl.).



Figura 14. Polinización en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.).

Los frutos del níspero japonés son pomos, ovoides o piriformes, de pequeño tamaño, su calibre oscila entre 35 y 60 mm (Martínez-Calvo et al., 2000). El peso medio del fruto va desde los 25 a los 95 g según cultivar. El color de la piel de los frutos va desde el amarillo pálido al anaranjado intenso, y el color de la pulpa desde el blanco al naranja, pasando por diversos tonos de amarillo (Llácer et al., 2004). El cambio de color avanza desde la zona estilar a la peduncular (Gariglio et al., 2002). La piel del fruto es dura y fina, característica ésta muy notable según la variedad, ya que de ella se deriva la facilidad de pelado, y está cubierta por un vello gris que, al madurar, forma una pubescencia blanca muy tenue y frágil. Mercados muy exigentes valoran la permanencia de este vello como sinónimo de frescura del fruto. En el extremo estilar, el fruto presenta una depresión pronunciada con restos de cáliz. El fruto presenta en la cumbre una depresión pronunciada en la que se observan restos del cáliz (Rodríguez, 1983). El fruto contiene generalmente entre una y cinco semillas, según la variedad (Cuevas et al., 2003), grandes y marrones, que representan hasta el 50% del volumen del pomo (Salvador-Sola, 1999), pero sólo un 15% del peso. Estas semillas se hallan tan unidas que forman un núcleo voluminoso en el corazón del fruto, lo que facilita su eliminación. Recientemente, se han introducido genotipos partenocárpicos triploides (Fig. 15), con frutos grandes, sin semillas y de calidad (Liang et al., 2006). Sin embargo, la influencia de la semilla en la formación del fruto se manifiesta en las correlaciones significativas positivas conseguidas entre el tamaño ocupado por las semillas y el diámetro del fruto, y también, entre el tamaño de las semillas y el peso del fruto (Gavilán, 1998). A diferencia de otros pomos, el tamaño del fruto depende más del tamaño alcanzado por sus semillas, que de su número (Salvador-Sola, 1999). El contenido del fruto en sólidos solubles oscila según cultivar entre 7 y 13 °Brix, con una acidez total entre 2,5 y 17 g l<sup>-1</sup> expresada en ácido málico (Martínez-Calvo et al., 2000). Los azúcares contenidos en el fruto son principalmente la fructosa, la sacarosa y la glucosa (Serrano et al., 2004).

La época de recolección, al igual que la de floración, varía en función de las condiciones climáticas de la zona y de la variedad, por norma tiene lugar durante la primavera (Agustí et al., 2006). El níspero japonés es considerado un fruto no climatérico cuya maduración no progresa una vez recolectado (Pinillos et al., 2011). La recolección está basada en la adquisición de color por la epidermis del fruto, basándose en unos estados de maduración establecidos por Pinillos et al. (2007) (Fig. 15).

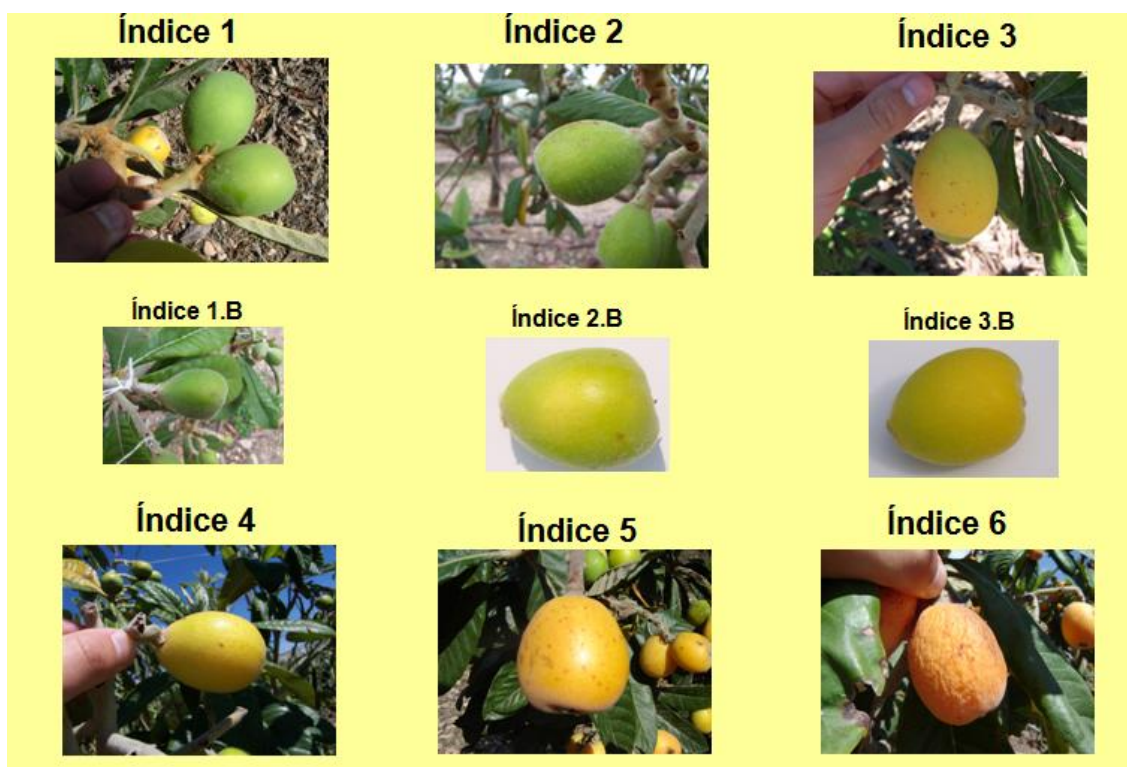


Figura 15. Estados de maduración del fruto de níspero japonés. Fuente: Modificado de Pinillos et al., 2007.

El níspero japonés es un árbol con elevados requerimientos de agua, aunque se puede dar en secano, éste ha de ser un secano fresco, con más de 800-900 mm; así, en áreas de cultivo de Japón, con una pluviometría de 1000-1200 mm, no se le prodiga ningún riego; aunque, eso sí, se recoge el fruto después de la época de lluvias, que suele suceder entre últimos de mayo y principios de junio, porque las necesidades de agua son mayores en la época del engorde del fruto. En España, actualmente, el riego es imprescindible para el cultivo del níspero debido a la escasa pluviometría en las principales zonas productoras y la elevada demanda evapotranspirativa del ambiente que supone unas necesidades entre 5000 y 7000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Es muy frecuente que las explotaciones incorporen el riego por goteo como tecnología de producción y cada vez más se aplican diversas estrategias de riego con el fin de realizar un uso más eficiente del agua, así como conseguir un adelanto de la floración y como consecuencia un adelanto de la cosecha, aumentando de un modo notable la rentabilidad del cultivo (Hueso y Cuevas, 2010).

### 3.3 Ciclo anual del cultivo

La fenología de una especie frutal describe la evolución del crecimiento y el desarrollo de su ciclo reproductivo. Martínez-Calvo et al. (1999) utilizaron la escala BBCH para describir los estados fenológicos del níspero japonés de acuerdo a las claves de identificación de las etapas de crecimiento para plantas mono- y dicotiledóneas (Cuadro 2). Para ello utilizaron 7 de los 10 estados fenológicos principales, ya que en los frutales de pepita los estados 2 y 4 no tienen lugar, ni consideraron el estado 9 (senescencia del fruto y comienzo del reposo vegetativo) en níspero japonés. El estado 7 describe la etapa de crecimiento del fruto, estableciendo 3 subestados basándose en el tamaño alcanzado por el fruto respecto al tamaño final. El estado 8 describe la etapa de maduración del fruto, distinguiendo subestados en función del color del fruto y la aptitud de éstos para un determinado uso (recolección, consumo, etc.).

Cuadro 2. Escala BBCH para plantas mono y dicotiledóneas. Fuente: Hack et al. (1997)

<b>La escala BBCH</b>	
<b>Estado 0</b>	Germinación, brotación y desarrollo de las yemas
<b>Estado 1</b>	Desarrollo de las hojas
<b>Estado 2</b>	Formación de los brotes laterales
<b>Estado 3</b>	Crecimiento longitudinal de los brotes terminales
<b>Estado 4</b>	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables o de órganos vegetativos de propagación
<b>Estado 5</b>	Aparición del órgano floral
<b>Estado 6</b>	Floración
<b>Estado 7</b>	Desarrollo del fruto
<b>Estado 8</b>	Coloración o maduración del fruto y semillas
<b>Estado 9</b>	Senescencia del fruto y comienzo del reposo vegetativo

Por otro lado, Cuevas et al. (1997) describieron los estados-tipo de níspero japonés cv. Algerie en la costa occidental de Almería. La fenología descrita por dichos autores difiere en sus primeros estados con respecto a la empleada por Fleckinger (1945) para los frutales de pepita, pero coincide básicamente con ellos a partir del estado “D” (aparición de botones florales). La diferencia fundamental estriba en la ausencia en el níspero japonés de un periodo de reposo invernal propio de las especies de clima templado.



Este estudio, más concreto y preciso que los anteriores pero concentrado principalmente en el seguimiento de la fase reproductiva, abarcó desde un estado en el que la yema se encontraba en parada vegetativa (estado A: yema de verano) hasta que comienza la expansión del pequeño pomo (estado I: fruto tierno). Para la caracterización, selección y descripción de los estados-tipo del níspero (Fig. 16) se tuvieron en cuenta los estados-tipo de otros frutales, en especial aquellos que florecen en estructuras complejas (panículas, racimos, etc.).

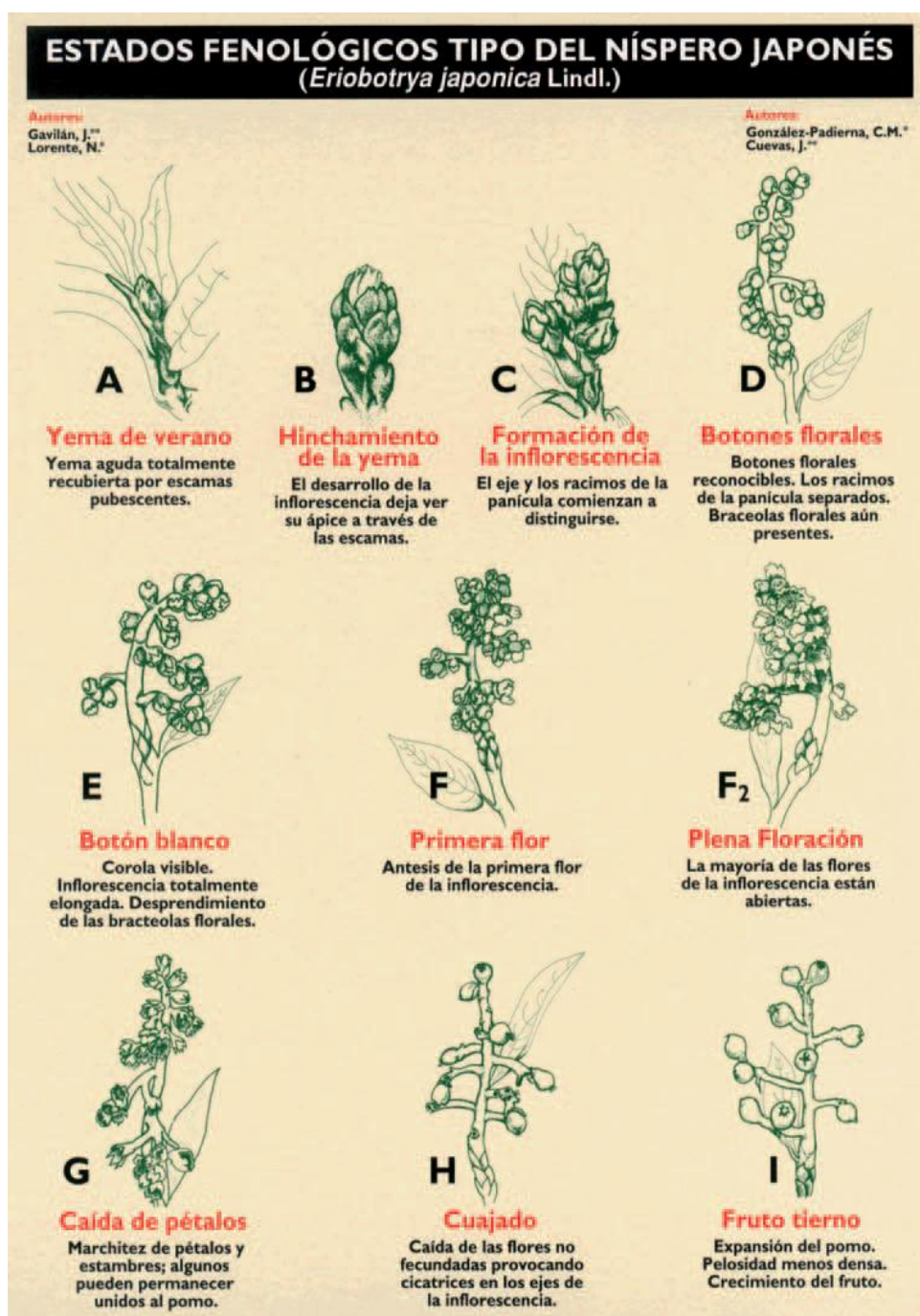


Figura 16. Estados fenológicos tipo del níspero japonés. Fuente: Cuevas et al. (1997).



Observaciones llevadas a cabo sobre el cultivar *Algerie* injertado sobre pie de membrillero Provence en la Estación Experimental de Cajamar “Las Palmerillas” en la costa de Almería por Cuevas et al. (1997), permitieron describir gráficamente el ciclo anual del níspero en dicha zona, en la que se observa una clara separación de la fase vegetativa de la reproductiva (Fig. 17), ya que el ciclo vegetativo tiene lugar en principalmente en verano, mientras que el ciclo reproductivo comenzaría tras éste (Gavilán, 1998). Tradicionalmente Rodríguez et al. (1983) describían tres periodos de crecimiento vegetativo: brotación de primavera previa a la cosecha (va desde finales de febrero o principios de marzo hasta mayo), brotación de verano que tiene lugar tras cosechar los frutos (desde mayo hasta finales de julio), y la brotación de otoño a la salida del reposo veraniego (desde finales de agosto hasta octubre).

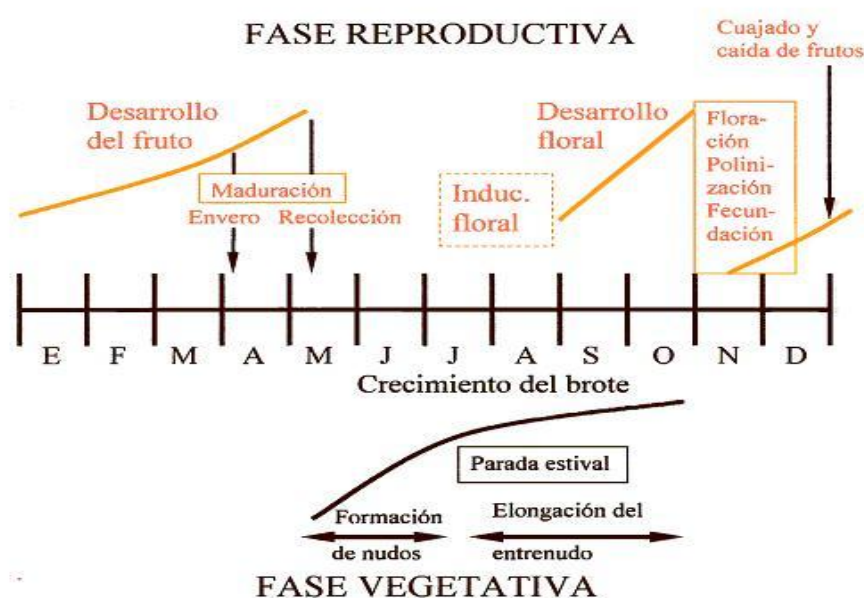


Figura 17. Representación del ciclo anual del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Fuente: Cuevas et al. (1997).

En el ciclo anual se aprecia que la formación de las flores se inicia con la elongación de las panículas a finales del mes de agosto, evolucionando rápidamente con las temperaturas veraniegas. La floración comienza en el mes de noviembre y se prolonga por lo general hasta principios de diciembre. Para el cultivar *Algerie*, en nuestras latitudes, la plena floración se alcanza en torno a la tercera semana de noviembre. Las flores que no son fecundadas caen, mientras la marchitez y caída de pétalos marca el final de la floración y el inicio del cuajado de los frutos (Gavilán,

1998). El cuajado inicial de los frutos se puede ya observar casi simultáneamente a la floración; el cuajado inicial se puede evaluar tras una intensa abscisión de flores y frutos, que regula el nivel de carga, hasta alcanzar su nivel definitivo en el mes de enero (Cuevas et al., 1997).

Dentro de la fase vegetativa es de particular interés el crecimiento del brote. La brotación de los ramos no es significativa hasta la cosecha del fruto, ya que la presencia de frutos actúa de freno (Cuevas et al., 1997). A partir de la recolección, se pueden observar brotaciones de una o varias yemas situadas por debajo de los frutos recién cosechados. En este crecimiento se pueden distinguir dos etapas claramente diferenciadas: primeramente la formación de nudos y después la elongación de los mismos que implica un gran crecimiento. Estos procesos se producen desde comienzos de mayo hasta mediados de julio. Posteriormente, se aprecia desde mediados de julio hasta finales de octubre una fase en la que ocurre una escasa elongación de los entrenudos y en la que el crecimiento vegetativo es mínimo, hasta casi cesar, en la denominada parada estival. En ella el árbol se prepara para la fase reproductiva y es entonces cuando tiene lugar la inducción e iniciación floral, puesto que a continuación, en la segunda quincena de agosto, la mayoría de las yemas terminales de los brotes ya se han diferenciado hacia yemas fructíferas (Gavilán, 1998). Una vez que se produce la inducción e iniciación floral, se desarrolla la panícula. Este desarrollo concluye a finales de octubre produciéndose la antesis, la polinización y la fecundación de las flores a principios de noviembre. La conversión a fruto queda recogida en la caída de los pétalos, produciéndose el cuajado y el posterior desarrollo del fruto, durante el invierno, concluyendo su desarrollo entre abril y mayo. Previamente, en marzo se produce el envero, indicando el inicio de la maduración de los frutos, que alcanzan la madurez hacia mediados-finales de abril. Una vez que el fruto es recolectado comienza nuevamente el ciclo anual del níspero del Japón.

### **3.4 Riego deficitario controlado**

La escasez de agua y el aumento en la competencia por los recursos hídricos entre la agricultura y demás sectores generan la necesidad de desarrollar estrategias de ahorro de agua en los diversos sistemas agrícolas, acuciados también por el aumento del valor de este recurso. De todo ello surge la necesidad de adoptar estrategias de riego que aumenten la eficiencia en el uso del agua y la productividad de la misma.

El riego deficitario (RD) es una estrategia de manejo del agua de riego que puede incrementar la productividad debido a que se pueden producir cosechas similares con menores volúmenes de agua (Behboudian y Mills, 1997). Como desarrollo del RD surge el Riego Deficitario Controlado (RDC) que está fundamentado en reducir el aporte de agua en aquellos períodos fenológicos de la planta en los que un déficit hídrico no afecta sensiblemente ni a la producción ni a la calidad de la cosecha, mientras que se debe cubrir la demanda evaporativa del cultivo durante el resto del año (Mitchell et al., 1986). Por todo ello, se deben conocer los periodos críticos del cultivo para la aplicación del RDC. Son varios los posibles objetivos del RDC en níspero. Por un lado, mediante RDC se pretende reducir el vigor vegetativo, mejorar el reparto de fotoasimilados hacia los frutos y reducir la aparición de alteraciones fisiológicas asociadas al excesivo desarrollo vegetativo (Gariglio cit. por Agustí, 2006). La utilidad del RDC radica en que su aplicación no produzca una reducción significativa de la cosecha o merme la calidad del fruto.

En los últimos 20 años, el número de estudios sobre RDC publicados en revistas internacionales ha aumentado considerablemente. Este interés por la aplicación de técnicas de RDC se desarrolló inicialmente para intentar controlar el vigor en plantaciones de alta densidad. En este sentido los primeros trabajos realizados fueron en melocotonero (Chalmers et al., 1981). Por otra parte, se han desarrollado también por la importancia y la necesidad que representa la conservación del agua (Johnson et al., 1992). Un último desarrollo son los estudios en los que se revela la utilidad del uso de estrategias de RD para mejorar la calidad de la fruta (Behboudian et al., 1997).

El número de especies cultivadas sometidas a experimentos con RDC ha aumentado con el tiempo, comenzando con árboles frutales templados de hoja caduca, y continuando con frutales mediterráneos. Más recientemente se ha desarrollado un cierto interés en su aplicación sobre cultivos anuales. En este proceso, se ha observado que no todas las especies responden bien a la aplicación de técnicas de un déficit hídrico, ya que este método sólo es especialmente apropiado para cultivos que presentan una fase bien definida no sensible al estrés hídrico (Marsal et al., 2008). Sin embargo, en términos de máximo beneficio para el productor, la utilidad final del RDC dependerá más de la meta de la producción que de la adaptación fisiológica del cultivo al estrés hídrico. Un claro ejemplo de esto se ve en la vid de vinificación. En este caso, la respuesta derivada de la falta de agua produce una acumulación de ciertos compuestos orgánicos en la uva que compensan la reducción del tamaño de la baya y rendimiento (Williams y Matthews, 1990). La eliminación del riego es una técnica bien conocida por los productores de cítricos (Barberá et al., 1985). En varias especies del género *Citrus*, provocar un estrés hídrico en verano, con una posterior reanudación del riego, permite una segunda floración que conlleva una cosecha fuera de temporada más rentable para el productor (Maranto y Hake, 1985). En albaricoque (Torrecillas et al., 2000) y en melocotón (Gelly et al., 2003; 2004) un déficit hídrico en fechas adecuadas puede incrementar la intensidad del color del fruto. Estudios realizados por Crisosto et al. (1994) y Behboudian et al. (1998) ponen de manifiesto que el uso de estrategias de RDC mejora la calidad del fruto.

En el caso del níspero japonés la adaptación al RDC es especialmente clara ya que el crecimiento vegetativo y el crecimiento del fruto están separados en el tiempo. El níspero florece durante el otoño formando inflorescencias apicales en madera del año en curso. Desarrolla sus frutos durante el invierno y maduran a principios de la primavera, llegando a los mercados antes de cualquier otra fruta de primavera. En consecuencia, la cosecha temprana adquiere una importancia primordial, y cualquier técnica capaz de adelantar las fechas de recolección como el RDC es de gran interés para los productores de manifiesto que el uso de estrategias de RDC mejora la calidad del fruto.

Rodríguez (1983) ya hablaba de la seca del níspero como aquel periodo comprendido entre junio y agosto; indicando que un régimen seco favorecía la parada de la vegetación y la diferenciación de las yemas más pronto. La clara separación entre

las fases vegetativa y reproductiva en el níspero permite que el estrés hídrico generado por el riego deficitario durante el periodo de crecimiento de los brotes no se traslade al periodo crítico del cuajado y desarrollo del fruto. Por tanto, un manejo adecuado del estrés hídrico se puede emplear para anticipar la parada del crecimiento del brote y promover la inducción floral, que tiene lugar de manera natural a mediados del verano en respuesta probablemente a una combinación de altas temperaturas y déficit hídrico. La aplicación de RDC produce un desplazamiento en la fenología del cultivo. Este desplazamiento tiene su origen en la modificación de dinámica de crecimiento del brote (Cuevas et al., 2012). En esta línea, el estrés hídrico generado, como consecuencia de la aplicación de estrategia de RDC, detiene temporalmente el crecimiento del brote, que al reanudar el riego produce una temprana brotación de la yema de flor, dando lugar a una floración más precoz (Cuevas et al., 2008).

En los primeros trabajos sobre riego deficitario realizados por Hueso y Cuevas (2003) se aplica un RDC desde mediados de mayo hasta finales de agosto, ahorrando alrededor del 45% en el riego. Este RDC más extenso adelantó la floración dos semanas y la cosecha una semana, aumentando el porcentaje de cosecha precoz (la más cotizada) un 20%. Este adelanto fue compatible con una alta productividad y calidad del fruto. Sin embargo el periodo de estrés hídrico más prolongado afectó negativamente al desarrollo y tamaño de las flores, lo que ya sugería entonces que era posible optimizar la técnica de riego deficitario.

Comparando la respuesta del níspero al déficit hídrico impuesto en junio, julio y agosto, se delimita que junio y julio son los periodos más convenientes para aplicar RDC (Hueso y Cuevas, 2008). La prolongación del estrés hídrico durante el mes de agosto presenta un efecto nulo, o incluso retrasa la floración. Observaciones con microscopía electrónica de barrido han fijado la fecha de la iniciación floral del níspero a finales de julio (Cuevas et al., 2008), de manera que una prolongación del estrés en agosto solo puede tener efectos negativos. Por el contrario, un estrés hídrico más temprano restringe el crecimiento del brote y permite una más temprana floración. Una vez determinado el periodo óptimo para el RDC, el objetivo es encontrar la intensidad del recorte del riego a aplicar para obtener la mejor respuesta. En este sentido, la respuesta de la planta es mejor cuanto mayor es la restricción del riego, de manera que se observa un mayor adelanto de la floración y la cosecha con la supresión total del

riego durante 8-9 semanas, permitiendo que la respuesta a nivel de población de yemas sea mayor, y más homogénea, haciendo que la floración sea más compacta e uniforme. Con esta estrategia, WUE y WP se maximizan. (Hueso et al., 2015). El adelanto de la floración bajo RDC está relacionado con una más pronta parada en el crecimiento del brote y un importante adelanto de la emergencia de las panículas tras reanudar el riego (Hueso et al., 2015). Un paso más para refinar la técnica de manejo del riego en níspero es establecer la integral de estrés que contempla los efectos de la intensidad y de la duración del estrés hídrico de forma conjunta. Fernández et al. (2009) ha determinado que 46,6 MPa día es la integral de estrés que proporciona el mayor adelanto en floración comenzando a aplicar los tratamientos de riego deficitario a principios de junio. Con esta herramienta se obtiene mayor precisión que con una referencia temporal (número de semanas sin regar) ya que garantiza que la planta alcance el estrés hídrico deseado, con independencia de la benignidad o severidad del periodo estival, e incluso con independencia de la zona de cultivo.

En resumen, la optimización del RDC permite conseguir un adelanto en floración de 27 días, y un adelanto en recolección de 19 días, con un porcentaje de cosecha precoz del 82%. Esta mejora incrementa el valor final del fruto 0,81 € (2,5 veces más que el Control), permitiendo un ahorro de agua de 2.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (26%) y alcanza una WP de 5,8 € m<sup>-3</sup>. (Hueso et al., 2015).

Debido al conocimiento de otras experiencias en frutales taxonómicamente próximos resulta, también, de interés la aplicación de estrategias de RDC durante el desarrollo del fruto, estableciendo un segundo periodo de RDC durante el desarrollo y la maduración del fruto (precosecha). Los antecedentes sugieren que la aplicación de un segundo periodo de RDC podría incrementar la calidad del fruto, produciendo mejoras en su color y firmeza (Stellfeldt, 2013). Por ello, la aplicación de un segundo periodo de déficit hídrico no solo sería ventajosa desde el punto de vista hídrico, sino que incrementaría aún más la precocidad y haría el fruto más atractivo para el consumidor, aumentando por tanto la rentabilidad del cultivo. A pesar de todas estas ventajas debemos tener en cuenta que los frutos muy precoces presenta una mayor incidencia de la fisiopatía conocida como mancha morada (Agustí et al., 2006) por lo cual debemos analizar la influencia de la aplicación de estrategias de déficit hídrico, en prefloración y

precosecha, en la aparición o acentuación de estos daños, convirtiéndose este estudio sobre esta fisiopatía en el objetivo principal para este trabajo Fin de Grado.

### **3.5 Mancha Morada**

La mancha morada o púrpura del níspero es una alteración fisiológica frecuente que afecta la epidermis del fruto, produciendo en él manchas pardo-violetas (Fig. 18) que desmerecen su calidad comercial (Gariglio et al., 2002).



Figura 18. Mancha morada en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.).

El níspero es una fruta muy delicada, que sufre diversos desordenes fisiológicos en su piel, que afectan a su comercialización en mercados exigentes como Taiwan (Liu et al., 1993), Brasil (Ojima et al., 1976) y en España (Tuset et al., 1989). En España, se considera que la mancha morada afecta al 15 % de la producción, causando una disminución entre un 40-50 % del precio del fruto. Aparece principalmente cuando los frutos empiezan a virar del color verde al verde-amarillento, aunque también se puede encontrar durante todo el periodo de cosecha (Agustí et al., 2006).

Los frutos provenientes de variedades tempranas, de partes del árbol más expuestas al sol o de fincas más precoces, presentan una incidencia mayor de mancha púrpura. Del mismo modo, los años de cosechas más precoces la incidencia de la fisiopatía es mayor (Agustí et al., 2006). Esto significa que los sistemas de cultivo tendentes a exaltar la precocidad de la cosecha, de gran interés desde el punto de vista



económico, son los que promueven una mayor afección de la fisiopatía. En parcelas de recolección temprana la incidencia de mancha morada puede afectar a un 60% de la producción mientras que en parcelas de recolección tardía podemos encontrar un 30% de afección (Pareek et al., 2013).

Se ha comprobado la influencia del sol sobre la aparición de la lesión, así como el exceso de abono nitrogenado y el uso de prácticas tendentes a aumentar el tamaño del fruto (Ojima et al., 1976; Rodríguez, 1983; Cabezas, 1993). Además, se han establecido diferencias varietales, siendo las variedades más tempranas, 'Moggi', 'Moggi Wase', 'Precoce de Itaquera', 'Algerie' y 'Polop', las variedades que presentan una mayor sensibilidad. El nivel de calcio en el fruto es la causa a la que se ha atribuido tradicionalmente el problema de la mancha púrpura en el níspero (Caballero et al., 1993), pero el hecho de que su incidencia sea variable entre años, variedades, fechas de maduración, ubicación geográfica de las fincas y factores climáticos y culturales (Bell et al., 1937), hacen pensar en un origen más complejo. Asimismo, su aparición en un momento muy puntual del desarrollo del fruto como es el cambio de color, hace pensar en una fuerte influencia de los factores endógenos del fruto, hechos que será analizado en este trabajo fin de grado.

### **3.5.1 Caracterización histológica de la Mancha Morada**

El corte transversal de un fruto de níspero afectado levemente de mancha púrpura, permite observar el lugar en que se inicia la alteración. Ésta comienza en las células hipodérmicas más profundas, aquellas que están próximas a las células más externas de la pulpa, formando una franja de tejido de aspecto compacto (Figura 19).



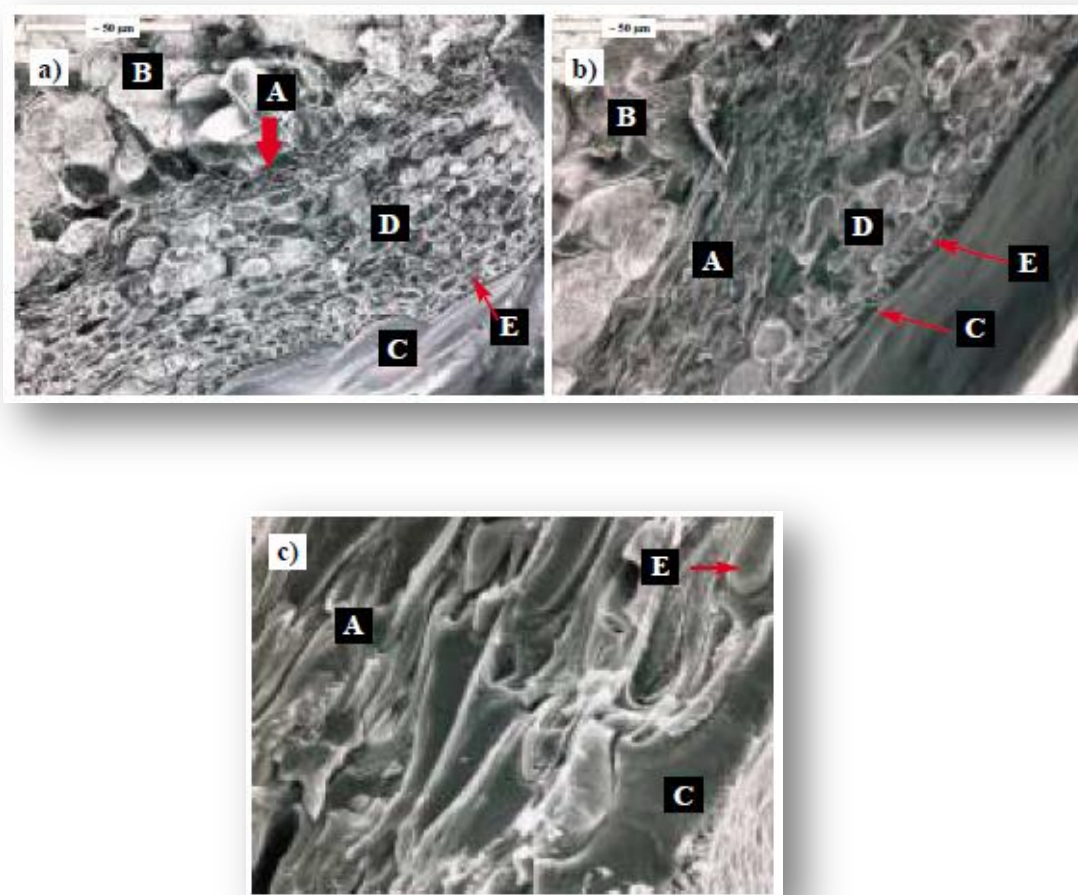


Figura 19. Corte transversal por criofractura de frutos de níspero japonés cv. Algeria (Estado 801 de la escala BBCH extendida): a) fruto con mancha púrpura en sus estados iniciales, en el que se observan las filas de células más profundas de la hipodermis dañadas (x150), b) lesión avanzando sobre filas de células más superficiales de la hipodermis (x350), c) lesión en su máxima intensidad afectando toda la corteza del fruto (x2000). A) Tejido hipodérmico dañado por la mancha púrpura, B) pulpa, C) cutícula, D) células hipodérmicas sanas, E) células epidérmicas. Fuente: Gariglio et al. (2002).

A medida que la lesión avanza en intensidad, se incrementa el número de filas de células epidérmicas implicadas (Fig. 19. b). En los estados más severos de la alteración todo el tejido epidérmico resulta afectado (Fig. 19. c). En ningún caso se han observado daños en las células de la pulpa ni en la estructura de la cutícula (Fig. 19. a, b, c).

La microscopía óptica permite observar la lesión con mayor precisión. Así, las células de la zona lesionada se muestran comprimidas y con una fuerte deshidratación,

de modo que el citoplasma queda ubicado en la zona central de la célula, tomando una coloración muy intensa con azul de metileno (Fig. 20. a). En la zona sana, en cambio, las células son más elípticas, el citoplasma presenta un estado de hidratación normal, ocupa todo el espacio celular y se tiñe menos intensamente (Fig. 20. a).

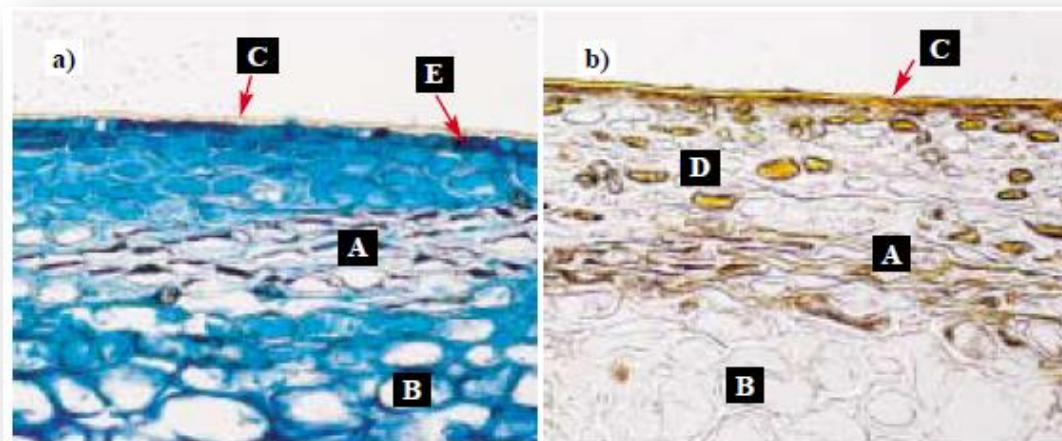


Figura 20. Cortes transversales de frutos de níspero japonés, cv. Algerie, afectados de mancha púrpura observados en microscopía óptica. a) material fijado en FPA, cortado por congelación y teñido con azul de metileno (x500), b) material fijado en ácido crómico y formaldehído, cortado por congelación y teñido con Sudan IV (x500). A) Tejido hipodérmico dañado por la mancha púrpura, B) pulpa, C) cutícula, D) células hipodérmicas sanas, E) células epidérmicas. Fuente: Gariglio et al. (2002).

No se detectan daños en la cutícula sobre la zona afectada con mancha púrpura, tanto en las observaciones de microscopía electrónica (Fig. 19) como de microscopía óptica con tinciones específicas para la cutícula (Fig. 20), incluso cuando la alteración afecta a todo el tejido epidérmico (Fig. 21).



Figura 21. Diferencias entre la pulpa y la piel afectada por mancha purpura.

De un modo similar, las observaciones al microscopio electrónico de barrido no revelan diferencias en la superficie de los frutos sanos y dañados (Fig. 22). En ambos casos se observan pequeñas placas de ceras epicuticulares, características de este tipo de estructuras.

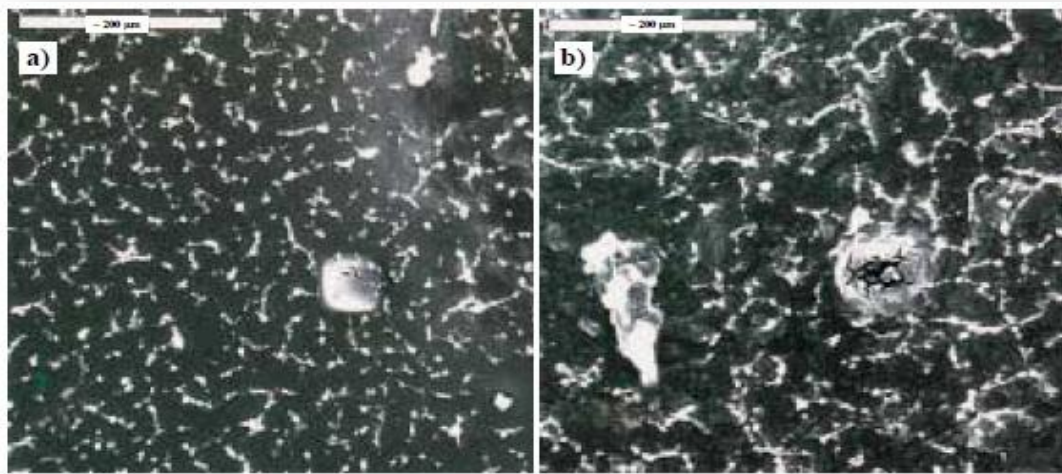


Figura 22. Vista superficial de las ceras epicuticulares de los frutos de níspero japonés, cv. Algerie, sanos (a) y afectados (b) de mancha púrpura (x3500). Fuente: Gariglio et al. (2002).

### **3.5.2 Factores implicados en la aparición de la Mancha Morada.**

#### **1. Factores endógenos**

##### **1.1 Carácter varietal**

Estudios realizados por Gariglio et al. (2002) demuestran que la incidencia de la mancha púrpura está estrechamente ligada a la variedad. Estos autores observan que el cv. Moggi supera el 80% de frutos afectados, el cv. Cardona alcanza el 30% de afectación y el cv. Algerie presenta valores ligeramente superiores al 15%. Por el contrario, los frutos de los cv. Golden Nugget y Peluche, apenas presentan la alteración (Fig. 23).

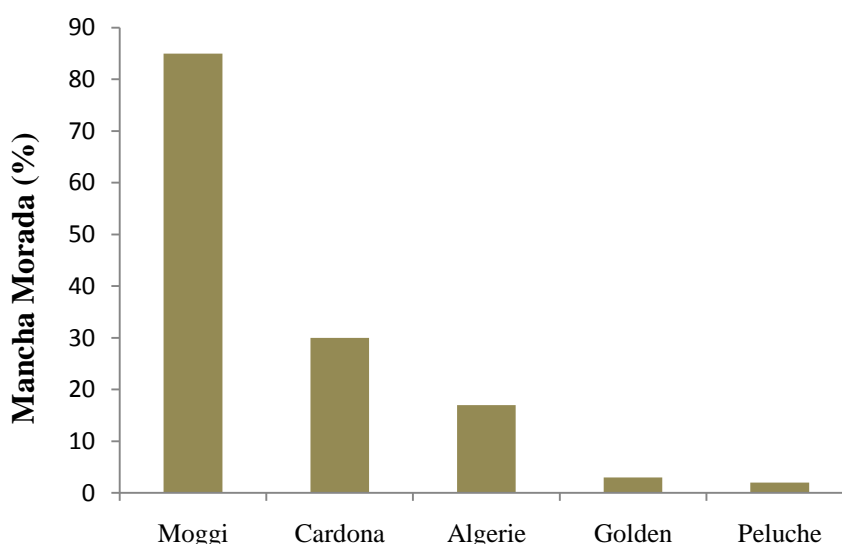


Figura 23. Influencia de la variedad sobre la mancha púrpura del níspero japonés. Fuente: Gariglio et al. (2002).

Gariglio et al. (2002) también ponen de manifiesto que la época de maduración de las diferentes variedades influye en el aumento de la incidencia de la mancha morada, ya que la variedad Moggi es la más precoz y la variedad Peluche la más tardía, lo cual relaciona la incidencia de mancha morada con la precocidad de la variedad. Sin embargo, en este trabajo se observó que en las fincas en las que el estado fisiológico crítico para la alteración ocurría al mismo tiempo en la variedad 'Cardona' y en la variedad Algerie, la proporción de frutos manchados de 'Cardona' duplica a la de 'Algerie', confirmando la mayor sensibilidad de la primera (Fig. 23). Por otro lado, se

observó que la intensidad de la mancha varía en función de la fecha de maduración, sin hacer distinción entre variedades y parcelas diferentes, pasando de un valor medio de 80% de incidencia de mancha en los casos en que se cosechaba a finales de marzo, a un 45% cuando se cosechaba a mediados de abril y, a un 4% cuando la cosecha se realizó a finales de abril.

## **1.2 Transpiración cuticular y relaciones hídricas**

En la descripción histológica de la alteración ya se ha indicado que los frutos afectados no muestran daños en la cutícula (Fig. 20). Gariglio et al. (2002) ponen de manifiesto que no existen diferencias significativas en la permeabilidad al agua de cutículas aisladas de frutos sanos y afectados, así como al comparar los frutos de variedades y fincas, donde existían diferencias significativas en la intensidad de la mancha morada. Estos hechos explican que el uso de productos antitranspirantes, capaces de disminuir la pérdida de agua en los frutos, no hayan mostrado eficacia para reducir la incidencia de la alteración.

Por otro lado, estudios histológicos revelan que el origen de la mancha púrpura es debido a la deshidratación celular que aparece inicialmente en las células más profundas de la piel y finalmente afecta a todo el tejido; sin embargo, ni la estructura de la cutícula ni su permeabilidad al agua se ven afectadas, y por lo tanto, la deshidratación de la piel no es causada por una transpiración excesiva de la fruta (Gariglio et al., 2002). En otras fisiopatías, en las que hay un aumento de la permeabilidad cuticular, la pérdida de agua del fruto aumenta considerablemente y los daños se inician con una deshidratación celular en la parte superficial de la corteza que, más tarde, progresa en profundidad (Vercher et al., 1994). Éste no es el caso de la mancha morada, donde no se observa que las células de la pulpa no se vean afectadas.

Un estudio llevado a cabo por Gariglio et al. (2008) confirma que el potencial hídrico del tejido ( $\Psi_w$ ) es similar en la pulpa y en la piel, mientras que el potencial osmótico ( $\Pi$ ) es mayor (menos negativo) en la pulpa, y el potencial de presión ( $\Psi_p$ ) más bajo en la pulpa. Por otra parte, durante el cambio de color no se observan cambios en el potencial hídrico, mientras que el potencial osmótico de la piel disminuye (más



negativo). Esta respuesta se asocia con un aumento de potencial de presión de la piel del fruto. Aún más, la piel de fruta expuesta al sol presenta un menor potencial osmótico que la no expuesta, y también un mayor potencial de presión. Del mismo modo los frutos de los árboles que crecen durante las noches frescas presentan menor potencial osmótico y mayor potencial de presión que los que crecen durante las noches cálidas. Estos resultados sugieren que la mancha morada en el níspero aparece cuando tenemos un bajo potencial osmótico de la piel y un alto potencial de presión de la piel posiblemente reflejando concentraciones altas de azúcar en la pulpa que aumentan el gradiente de concentración de solutos entre la piel y la pulpa.

Los cambios rápidos en la acumulación de azúcares y en la absorción de agua que se producen en el fruto durante el cambio de color, no se traducen en cambios en el potencial hídrico de la pulpa, sino que se refleja en una disminución del potencial osmótico y en un aumento de la turgencia de las células de la piel. De este modo, la situación de estrés que se genera durante el crecimiento del fruto, tanto en la pulpa (tejido interno) como en la piel (tejido externo) del fruto, son el resultado de la turgencia en ambos tejidos. Así, en el tejido en expansión activa (la pulpa del fruto), tiene lugar una rápida acumulación de azúcares y agua. La acumulación de azúcares genera un aumento del volumen celular, presionando la membrana plasmática sobre la pared celular. En el tejido en expansión pasiva (la piel del fruto), las células soportan la fuerza que ejercen las células del tejido interno en expansión. De este modo, las paredes celulares de la piel son empujadas por la pulpa contra la membrana plasmática, disminuyendo el volumen de la célula y aumentando, por tanto, su presión de turgencia (Gariglio et al., 2005). El resultado es el establecimiento de un gradiente hídrico que favorece el movimiento de agua desde el tejido externo (piel) al interno (pulpa). El equilibrio hídrico se restablecerá cuando el potencial hídrico de la piel vuelva a disminuir por un aumento de la concentración de solutos, consecuencia de la pérdida de agua. Por lo tanto, un aumento del potencial de presión en los tejidos externos (piel del fruto) en situaciones de alta tasa de crecimiento, está indicando un proceso de deshidratación de este tejido. Estos cambios en los potenciales osmóticos de la piel, coinciden con el momento en que aparecen los síntomas de la alteración y son más bruscos cuando aumenta la ocurrencia de la mancha. Debido a ello el efecto es más marcado en los tratamientos de mayor intensidad de aclareo, en emplazamientos más sensible, en la cara expuesta del fruto, en frutos no cubiertos de la luz y otras

circunstancias favorecedoras de la mancha morada (Gariglio et al., 2008). Por otro lado, esta disminución del potencial osmótico, prácticamente no se detecta en las situaciones en las que el riesgo de que los frutos se manchen es mínimo, como es el caso de los frutos provenientes de árboles no aclarados. Por lo tanto, parece claro que son los cambios en las relaciones hídricas del fruto la causa de que, en determinadas circunstancias, se facilite un proceso de deshidratación de ésta, que responde a la aparición de la mancha morada (Gariglio et al., 2000).

### **1.3 Composición mineral**

La concentración de elementos minerales en la pulpa desciende durante el desarrollo del fruto, alcanzando los valores más bajos durante la maduración. Después del cuajado, el N es el macronutriente que presenta mayor concentración en la pulpa, seguido del K, Ca, Mg, y P. Durante el desarrollo del fruto la concentración de K desciende más lentamente que la del N y P, debido a esto, en el momento de maduración, el K es el elemento mineral más abundante en la pulpa. La disminución del Ca es paralela a la del N (Gariglio y Agustí, 2005).

El Fe y el Cu son los micronutrientes más abundantes en la pulpa del fruto, seguidos del Zn y del Mn. De acuerdo con los resultados de Gariglio y Agustí (2005), durante el crecimiento del fruto, el elemento mineral que más desciende en su concentración es el Cu, con un 90%, seguidos del Fe (80%), Ca (75%), Zn (73%), Mn (66%), N (65%) y K (40%). Los cambios en la concentración de elementos minerales observados en la pulpa del fruto del níspero japonés durante su crecimiento son debidos, mayoritariamente, a un proceso de dilución más que a un proceso de metabolización. Cuevas et al. (2001), observan que el nivel de hierro en fruto disminuye conforme se agrava la fisiopatía.

El contenido en elementos minerales de la pulpa y tejidos epidérmicos del fruto del níspero japonés cv. 'Algerie' en el momento del cambio de color se presenta en el cuadro 3. Los resultados demuestran que los cambios en la composición mineral en los frutos de níspero durante el cambio de color modifican principalmente el gradiente, entre la pulpa y los tejidos epidérmicos, de N, K, Ca y Mg, y la concentración de

microelementos (principalmente el Cu, Fe, Zn y Mn). Estos de gradiente entre la pulpa y los tejidos epidérmicos se correlacionan positivamente y de manera significativa con la proporción de mancha púrpura en fruto (Gariglio y Agustí, 2005).

Cuadro 3. Concentración de elementos minerales en la pulpa y piel del fruto del níspero japonés, cv. Algerie, en enero. Los resultados son la media de seis repeticiones de 10 frutos procedentes de árboles no aclarados.

	<b>Pulpa</b>	<b>Tejidos epidérmicos</b>
<b>N (%)</b>	1,2	0,9
<b>P (%)</b>	0,12	0,07
<b>K (%)</b>	1,46	1,85
<b>Mg (%)</b>	0,17	0,11
<b>Ca (%)</b>	0,67	1,06
<b>Fe (ppm)</b>	16,8	53,2
<b>Zn (ppm)</b>	17,7	10,6
<b>Mn (ppm)</b>	8,6	9,7
<b>Cu (ppm)</b>	6,5	3,4

Fuente: Adaptado de Gariglio y Agustí (2005)

Tradicionalmente, el origen más aceptado de la mancha púrpura ha sido una deficiencia localizada de calcio en el fruto (Caballero, 1993; Tuset et al., 1989). Este elemento se caracteriza por su baja movilidad en el floema (Marschner, 1989), por lo que en órganos, como los frutos, que tienen una baja tasa de transpiración y alta tasa de crecimiento, se produce una dilución de su concentración y, como consecuencia, la aparición de alteraciones fisiológicas como el "blossom end rot" en el tomate (Ho et al., 1987; 1993), el "bitter pit" en la manzana (Fallahi et al., 1997), etc. Sin embargo, la disminución de la concentración de los elementos minerales en la pulpa del fruto del níspero es un efecto generalizado y no específico para el calcio (Gariglio y Agustí, 2005), a pesar de la diferente movilidad dentro de la planta que caracteriza a cada elemento (Cuadro 4). Es más, no se observa una menor concentración de calcio en los frutos afectados respecto de los sanos, tanto en la pulpa como en la piel. Además, la alteración presenta su máxima intensidad al inicio del período de cosecha y disminuye al avanzar la misma, es decir, la incidencia de la alteración disminuye con el aumento de la temperatura y de la radiación solar, justo lo contrario a lo atribuido a las deficiencias localizadas de calcio en el fruto, que muestran un aumento con la



temperatura y la radiación (Ho et al., 1993). Gariglio et al. (2002) y Cuevas et al. (2001) cuestionan que el desencadenante de la mancha púrpura en el níspero japonés, sea debido a una deficiencia localizada de calcio en el fruto, concluyendo que la deshidratación celular que aparece en el tejido dañado no es causada por una deficiencia de calcio.

Cuadro 4. Composición mineral de la pulpa y piel de frutos del níspero japonés, cv. ‘Algerie’, sanos y afectados de mancha púrpura en envero. Los resultados son promedios de cuatro repeticiones. Valores de macronutrientes expresados en % de materia seca y micronutrientes en ppm. Fuente: Gariglio et al., 2002.

	Pulpa			Tejidos epidérmicos		
	Frutos sanos	Frutos afectados	Signif.	Frutos sanos	Frutos afectados <sup>z</sup>	Signif.
<b>N</b>	0.74	0.75	ns	0.53	0.54	ns
<b>P</b>	0.09	0.09	ns	0.04	0.05	ns
<b>K</b>	1.15	1.00	ns	1.07	1.47	*
<b>Mg</b>	0.12	0.13	ns	0.07	0.08	ns
<b>Ca</b>	0.35	0.49	ns	1.28	1.39	ns
<b>Fe</b>	9.95	10.72	ns	18.00	33.30	*
<b>Zn</b>	9.78	12.60	ns	12.30	14.90	ns
<b>Mn</b>	7.41	7.52	ns	11.10	11.30	ns
<b>Cu</b>	4.71	4.22	ns	2.25	3.40	*

#### 1.4 Producción de etileno

Hay una controversia relativa a la evaluación de etileno la producción en comparación con la madurez del fruto y la maduración. Algunos autores encontraron un ligero incremento en la producción de etileno y un aumento en la tasa de respiración antes del cambio de color, lo que lleva Amoros et al. (2003) a definir al níspero japonés como una fruta climatérica. Hirai et al. (1980) también observó un marcado aumento de la respiración durante la maduración de la fruta, y esta observación contribuyó a la reclasificación de níspero como un fruto climatérico por algunos autores, lo cual hoy en día sigue siendo controvertido (Pareek et al., 2014). Sin embargo, la mayoría de autores señalan que, aunque existe un pico bien definido sobre la producción de etileno, éste es insuficiente para definir al níspero japonés como un fruto climatérico, ya que no hay

aumento concomitante en la tasa de respiración, que aparece a menudo de forma irregular. Por lo tanto, es precipitado concluir que níspero es un fruto climatérico, debido a que (1) no hay en general respuesta a fuentes de etileno para promover la maduración del fruto, (2) hay discrepancias en la relación que mide la producción de  $\text{CO}_2\text{-C}_2\text{H}_4$ , (3) hay una translocación de almidón en la fase II de desarrollo del fruto, aunque se cree que los azúcares adicionales acumulados derivan de otras partes de la planta por la hidrólisis del almidón, y (4) aumenta la hemicelulosa, celulosa y la actividad enzimática de las pectinas, lo cual se cree está vinculado a la producción de etileno, aunque no han sido confirmado (Pareek et al., 2014).

En el níspero japonés, cv. *Algerie*, la producción de etileno tiene lugar a lo largo de todo el período de crecimiento del fruto, alcanzando los valores más elevados en el momento de la maduración o cambio de color (Jiang et al., 2011). Sin embargo, el níspero japonés no presenta el pico de producción característico de los frutos climatéricos. A pesar de ello, los frutos sanos presentan una producción de etileno significativamente menor que los frutos manchados. (Cuadro 5). En concordancia con ello, la actividad del enzima ACC oxidasa en la piel de los frutos sanos es de  $17,5 \text{ nl g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , mientras que en la de los frutos manchados alcanza valores de  $26,9 \text{ nl g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . En los frutos afectados por mancha morada a medida que aumenta la intensidad de la lesión se incrementa la producción de etileno (Gariglio et al., 2002).

Cuadro 5. Producción de etileno en frutos maduros del níspero japonés, cv. '*Algerie*', sanos y afectados de mancha púrpura. Influencia de la intensidad de la alteración. Fuente: Gariglio et al., 2002.

	<b>Producción etileno <math>\text{nl} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}</math></b>
<b>Frutos sanos</b>	0,59 a
<b>Frutos con manchas ligeras</b>	0,94 b
<b>Frutos con manchas de intensidad media</b>	0,89 b
<b>Frutos con manchas severas</b>	1,15 c

### **1.5 Competencia por azúcares**

La acumulación de azúcar es más rápida en el comienzo de la fase de maduración, alcanzando sus máximos niveles en el estado 5 de maduración (Pinillos et al., 2007). La sacarosa se acumula más rápido que cualquier otro azúcar durante esta fase y es un azúcar importante en la fruta madura. El sorbitol es un componente predominante en frutos jóvenes, y su contenido aumenta durante el desarrollo del fruto, pero su porcentaje relativo con respecto a los azúcares totales disminuye y es sólo un componente menor en los frutos maduros de níspero. El contenido de glucosa y fructosa aumenta con el avance de la maduración (Uchino, cit. por Pareek et al., 2014). La glucosa, fructosa y sacarosa son los azúcares dominantes en la pulpa del níspero maduro, mientras que el sorbitol está presente en pequeñas cantidades (Amoros et al., 2003). La galactosa también se ha encontrado en pequeñas cantidades (Ding et al., 1998). Sin embargo, la distribución de los azúcares depende de la variedad. Ding et al. (1998) ponen de manifiesto que los principales azúcares solubles en el cv. Mogi son fructosa (3,9 mg por 100 g de peso fresco), sacarosa (2,4 mg por 100 g de peso fresco) y glucosa (2,5 mg por 100 g de peso fresco). Hamazu et al. (1999) concluyeron que el azúcar dominante en el cv. 'Mogi' en la maduración es la fructosa, mientras que cv. 'Tanaka' es la sacarosa. Xu y Chen (2011) identificaron sacarosa, fructosa, glucosa y sorbitol como los principales azúcares en 12 cultivares de frutos de níspero japonés, encontrando que el porcentaje de sacarosa entre los azúcares solubles totales tiende a ser mayor en las variedades de pulpa blanca que en las de pulpa anaranjada (mayoritarias en España). En enero, los frutos afectados de mancha púrpura presentan una mayor concentración de azúcares totales en la pulpa (Cuadro 6), siendo la sacarosa el principal azúcar causante de este incremento suponiendo su concentración más de un 25 % en los frutos manchados. En la piel, sin embargo, no se observan diferencias significativas en la concentración de ninguno de los azúcares analizados (Cuadro 6).

La característica más relevante del contenido de azúcares en el níspero es su acumulación en un corto período de tiempo durante el desarrollo del fruto, aunque éste se extienda durante más de tres meses. Así, en la variedad 'Algerie', la más cultivada en España y objeto de este trabajo, el fruto acumula en los últimos quince días de su crecimiento más del 80 % de los azúcares (Gariglio et al., 2002). En Japón, el cv.

‘Tanaka’ acumula hasta el 90% de los azúcares presentes en el fruto maduro durante las últimas dos semanas de maduración (Hirai et al., 1980).

La importancia de estos aspectos en las relaciones hídricas del fruto resulta evidente, pero existen otras razones no menos importantes. En primer lugar, en los frutos climatéricos, durante el período de mayor tasa de crecimiento se acumula almidón y éste es, posteriormente, hidrolizado cuando el fruto ya ha completado su desarrollo; de este modo, los períodos de crecimiento y acumulación de azúcares solubles están desfasados en el tiempo. Como ya hemos indicado, en el níspero, esta acumulación de azúcares ocurre en el momento en que el fruto presenta su máxima tasa de crecimiento. En segundo lugar, la concentración de azúcares en la pulpa y la piel del fruto es diferente, de modo que existe un gradiente de azúcares entre ambos tejidos, favorable a la pulpa, que aumenta durante el crecimiento del fruto. Ello favorece la absorción de agua por parte de la pulpa respecto de la piel. Este fenómeno es agravado en situaciones con elevadas tasas de crecimiento del fruto como, por ejemplo, una elevada intensidad de aclareo (Gariglio et al., 2005) o bajo condiciones ambientales desfavorables (como las bajas temperaturas durante el cambio de color del fruto), y ocurre simultáneamente con una disminución de la concentración de elementos minerales en la piel. En su conjunto, todo ello, pone de manifiesto que la mancha morada es causada por la aparición de un desequilibrio endógeno hídrico entre la pulpa y la piel del fruto y no por la pérdida de agua a través de la epidermis (Gariglio et al., 2003).

Cuadro 6. Concentración de azúcares en la pulpa y en los tejidos epidérmicos de los frutos sanos y afectados de mancha púrpura del níspero japonés, cv. 'Algerie', en enero. Los resultados son promedios de ocho repeticiones. Valores expresados en mg g<sup>-1</sup> de materia seca. Fuente: Gariglio et al. (2002).

	Frutos sanos	Frutos afectados	Significativo
<b>Pulpa</b>			
Fructosa	103,4	116,9	ns
Glucosa	92,5	96	ns
Sorbitol	66,9	72,8	ns
Sacarosa	268,1	337,5	*
Total	531	625,4	*
<b>Tejidos epidérmicos</b>			
Fructosa	42,1	45,5	ns
Glucosa	32,5	35,2	ns
Sorbitol	32,7	29,4	ns
Sacarosa	110	96,1	ns
Total	218,4	207,7	ns
<b>Diferencia entre pulpa y los tejidos epidérmicos</b>			
Fructosa	65,9	70,9	ns
Glucosa	67,4	63,8	ns
Sorbitol	33,3	43,5	ns
Sacarosa	161	250	*

\*: Significativo para  $P < 0.05$ ; ns: no significativo.

### **1.6 Competencia entre frutos**

La competencia entre frutos es el factor cultural de mayor influencia en la aparición, desarrollo e intensidad de la mancha morada (Fig. 24). Gariglio et al. (2002), ponen de manifiesto que los frutos procedentes de árboles no aclarados apenas se manchan, mientras que en los árboles aclarados a un fruto por panícula la intensidad de la alteración, evaluada al inicio de la cosecha, alcanza el 34 % del total, observándose que la relación entre la incidencia de la mancha púrpura y la intensidad de aclareo no es lineal, ya que, al pasar de dos a tres frutos por panícula el porcentaje se reduce en más de un 60%.

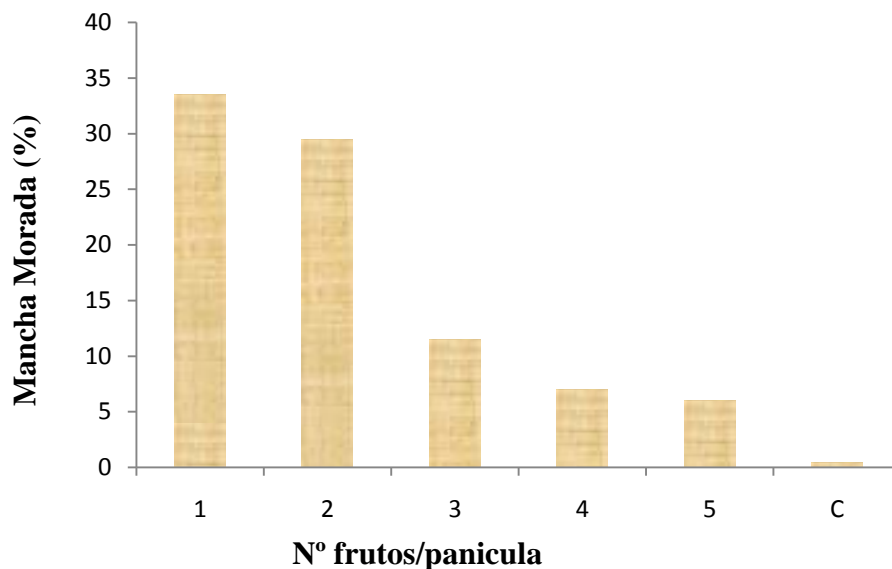


Figura 24. Influencia de la intensidad de aclareo sobre la incidencia de la mancha púrpura en níspero japonés, cv. 'Algerie'. C: control sin aclarar. Fuente: Adaptado de Gariglio et al., 2002.

Como consecuencia del aclareo, el fruto crece más deprisa y por más tiempo (Gariglio et al., 2002). Este efecto adquiere importancia relevante a partir del cambio de color, momento en el que la diferencia de la tasa de crecimiento entre tratamientos extremos de aclareo alcanza el 100%.

La disminución de la competencia entre frutos aumenta el peso de las semillas y de la pulpa (Cuadro 7), aunque con un mayor reparto de asimilados hacia la pulpa. Así, mientras el peso seco de las semillas aumenta hasta un 85 % al pasar de árboles no aclarados a árboles aclarados a un fruto por panícula, el peso seco de la pulpa lo hace en un 162 %. De este modo, la proporción de pulpa (tejido comestible) aumenta con la intensidad de aclareo. El análisis de la tasa de crecimiento de los componentes del fruto muestra que en la pulpa, la respuesta a una mayor disponibilidad de asimilados se traduce, en un aumento de la tasa de crecimiento en envero de hasta en 3,5 veces en los frutos de los árboles aclarados a un fruto por panícula. El efecto producido en la semilla es que el período de mayor tasa de crecimiento se amplía hasta un mes (Gariglio et al., 2002). Cuevas et al. (2003), ponen de manifiesto que el fruto aumenta en diámetro, longitud y peso de acuerdo con el número de semillas, al menos hasta tres semillas por

fruto, lo mismo ocurre con el grosor de la pulpa, el cual también aumenta inicialmente con hasta tres semillas por fruto.

Cuadro 7. Influencia de la intensidad de aclareo sobre el peso seco de los componentes del fruto del níspero. Fuente: Gariglio et al. (2002).

Frutos / panícula	Peso seco (g fruto <sup>-1</sup> )	
	Pulpa	Semilla
1	5,94 a	5,20 a
3	5,16 a	3,80 b
5	3,74 b	3,40 b
7	3,37 b	3,05 bc
Control	2,27 c	2,80 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas,  $p \leq 0,05$ .

Los potenciales hídricos de la pulpa del fruto del níspero no presentan grandes variaciones al comparar tratamientos de árboles sometidos a distinta intensidad de aclareo de frutos. Por otro lado, la presión de turgencia al cambio de color es menor respecto a otros estados de desarrollo del fruto y no aumenta, proporcionalmente, al disminuir la competencia entre frutos. Si tenemos en cuenta que la tasa de crecimiento es máxima cuando se produce el cambio de color y que aumenta con la intensidad de aclareo, la turgencia no debe estar relacionada con este parámetro en el fruto del níspero. Sin embargo en uva, la turgencia de la pulpa tampoco se correlaciona con la tasa de crecimiento del fruto (Matthews et al., 1987), y a pesar de ello, en uva, a diferencia del níspero, hay una disminución considerable del potencial hídrico y del potencial osmótico durante el período en el que tiene lugar una fuerte acumulación de azúcares en el fruto. Esto indica que durante el período de alta acumulación de azúcares, la cantidad de agua que entra en el fruto no es suficiente para diluir los azúcares y, consecuentemente, el potencial osmótico disminuye. En cambio, en la pulpa del níspero japonés el potencial osmótico permanece relativamente constante debido a una entrada suficiente de agua que mantiene constante la concentración de azúcares. Es por ello que el porcentaje de materia seca de la pulpa disminuye a más de la mitad durante la maduración del fruto. Esta acumulación masiva de agua junto a la disminución de la turgencia medida, constituye otra clara evidencia de que durante el cambio de color del fruto aumenta la elasticidad de la piel del fruto (Gariglio et al., 2002).

Los cambios ocurridos en la tasa de crecimiento durante el desarrollo de los frutos provenientes de árboles no aclarados, parecen no guardar relación con la temperatura sino con factores endógenos del propio fruto. Así, en el estado fisiológico de cambio de color, momento en que se registran las máximas tasas de crecimiento, se observa una fuerte correlación entre la concentración de azúcares en la pulpa y la tasa de crecimiento de este tejido alterada mediante intensidades crecientes de aclareo (Gariglio et al., 2002). Tras estas observaciones, se llega a la conclusión que el aumento de la tasa de crecimiento observada en el estado fisiológico de cambio de color del fruto no se puede explicar exclusivamente por la concentración de azúcares de la pulpa.

Gariglio y Agustí (2005) ponen de manifiesto nuevamente el efecto de la competencia entre frutos de níspero en desarrollo sobre la concentración de elementos minerales en la piel y en la pulpa y su relación con la incidencia de la mancha púrpura, observando que, cuando los árboles se aclaran a 1, 3 ó 5 frutos por panícula, dejando como control árboles sin aclarar, se produce un aumento en la concentración de K y una disminución en la concentración de Fe en la pulpa como consecuencia del aclareo, alcanzando la significación estadística en el momento del cambio de color. Mientras tanto en la piel, durante el momento del cambio de color, la concentración de N, K, Mg y Fe disminuye con la intensidad de aclareo hasta un 23%, 21%, 27% y 41%, respectivamente, para el tratamiento de un fruto por panícula. Los cambios en la composición mineral del fruto debidos al aclareo incrementan significativamente el gradiente de concentraciones de N, K, Ca y Mg entre la pulpa y la piel que, a su vez, se correlacionan positivamente con el porcentaje de frutos afectados de mancha púrpura.

## **2. Factores exógenos. Influencia de los factores ambientales.**

### **2.1 Temperatura**

El níspero japonés posee un rango de temperaturas óptimo similar al de otros cultivos de origen subtropical, como los cítricos, e incluso de algunos cultivos de clima templado como la vid (Agustí et al., 2006). Sin embargo, sus requerimientos térmicos deben analizarse conjuntamente con su fenología, que está desfasada en relación a la mayoría de los cultivos (Martínez-Calvo et al., 1999). Esta característica del níspero



hace que el cultivo comercial solo sea posible bajo condiciones de inviernos suaves y con bajas probabilidades de ocurrencias de heladas, o que éstas sean suaves y de muy corta duración. Por lo tanto, las temperaturas mínimas diarias son un factor importante para poder obtener elevada productividad y buena calidad de fruto.

Estudios morfológicos e histológicos, durante el cambio de color, muestran que las condiciones exógenas pueden favorecer la aparición de la mancha morada (Gariglio et al., 2002). Las bajas temperaturas durante el cambio de color de la fruta, etapa fenológica en que la mancha púrpura es más propensa a aparecer, son el principal factor ambiental que explica la intensidad de mancha púrpura. En 1998, Avidan y Klein observaron que la magnitud de los daños producidos por la mancha morada varía entre años y cultivares y que parece influida por el microclima de cada zona. Estudios realizados por Gariglio et al. (2000), ponen de manifiesto que al comparar diferentes años con alta y baja intensidad de la alteración se revela que, los años en los que la temperatura mínima es más baja coinciden con los años de mayor intensidad de mancha morada, siendo la temperatura de abril la que muestra una mayor influencia, ya que en las principales zonas productoras de España durante ese mes, entre el 60-80% de la fruta está cambiando de color. Por otra parte, la temperatura mínima diaria es el factor que mejor explica la variabilidad observada en la intensidad anual de la mancha púrpura (Gariglio et al., 2003).

La mancha púrpura aparece en un momento fenológico muy puntual, como es el cambio de color del fruto. Por lo tanto, no resulta lógico tomar el mismo periodo de tiempo para todos los años, ya que las diferencias entre años extremos en la fecha de aparición de las etapas fenológicas pueden llegar a ser de casi un mes (Gariglio et al., 2001). Gariglio et al. (2002) observan que la correlación entre ambos parámetros depende del período en el que se tome la temperatura, ya que al analizar un mismo período de tiempo para todos los años, el mejor ajuste con la incidencia anual de mancha púrpura se encuentra relacionado con la temperatura mínima del mes de abril ( $R^2=0,67$ ). Cuando el análisis de regresión se realiza durante el cambio de color, el coeficiente de determinaciones muy alto ( $R^2=0,97$ ). La influencia de este factor se confirma siguiendo el comportamiento de un grupo de plantas bajo invernadero con calefacción durante la noche, comparándolo con otro grupo bajo invernadero sin calefacción nocturna y con un tercer grupo de plantas control situadas en el exterior, a

temperatura ambiente (Fig. 25), observándose que en el grupo control la temperatura mínima durante el cambio de color fue de 13°C, en el invernadero sin calefacción 13,7°C y en el invernadero con calefacción 14,6°C (Gariglio et al., 2002). En estos ensayos se observa que un aumento de la temperatura mínima disminuye significativamente la incidencia de mancha púrpura, ya que en el invernadero sin calefacción la reducción fue del 50%, aproximadamente, pero en el invernadero con calefacción nocturna la reducción en la incidencia de los daños superó el 80%. En términos generales, la reducción de la incidencia de la mancha es de un 8-10% por cada grado de aumento de la temperatura mínima (Gariglio et al., 2002).

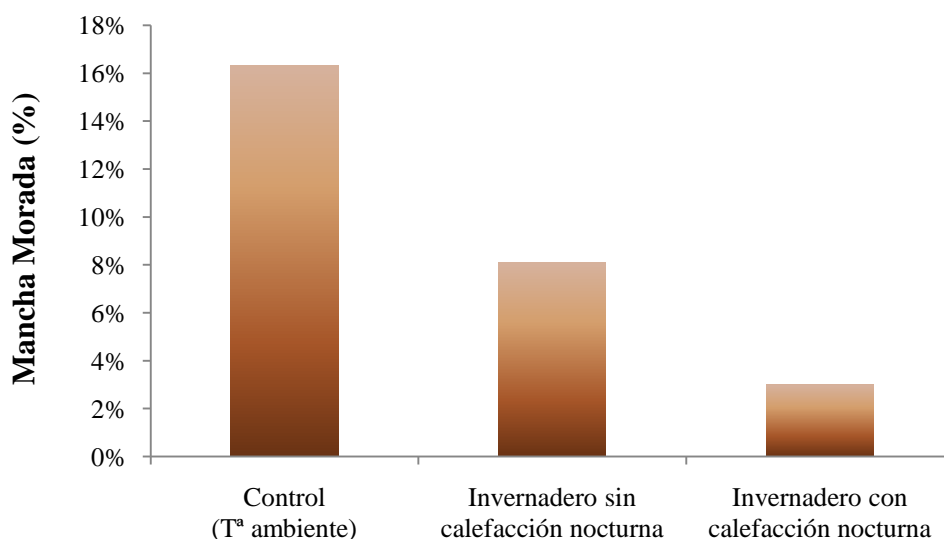


Figura 25. Influencia de la temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto sobre la intensidad de la mancha púrpura en el níspero japonés, cv. Algerie. Evaluación realizada al inicio de la cosecha. Fuente: Adaptado de Gariglio et al., 2002.

Estas observaciones muestran que un aumento de la temperatura mínima no modifica la concentración de azúcares en la pulpa de los frutos, pero sí lo hace, y de modo significativo, en la piel en enero (Gariglio et al., 2002). Consecuentemente, el gradiente de concentración de azúcares entre la pulpa y la piel disminuye al aumentar la temperatura mínima durante el cambio de color del fruto. En estos estudios se aprecia que la calefacción tampoco modifica los potenciales hídricos, ni sus componentes, en la pulpa de los frutos y que los cambios, de nuevo, se producen en la piel. En efecto, el incremento de la temperatura mínima mediante calefacción nocturna aumenta significativamente el potencial osmótico de la piel y reduce el de turgencia, de modo

que éstos en los frutos desarrollados con calefacción se asemejan más a los de los frutos de árboles no aclarados, mientras que los de los frutos desarrollados sin calefacción se parecen más a los de los frutos de árboles aclarados a uno y tres frutos.

Podemos resumir, pues, que la temperatura mínima durante enero es el factor ambiental que mejor explica las variaciones en la intensidad de mancha entre años y entre fincas, siendo también responsable de los cambios en los parámetros internos del fruto que mejor se correlacionan con la intensidad de la alteración.

## **2.2 Radiación**

La incidencia de la luz sobre el fruto no es necesaria para el desarrollo de la coloración normal del níspero, al menos en las variedades de piel amarillas (Gariglio et al., 2006). Por lo tanto, aunque los frutos se oculten totalmente del sol, alcanzan la coloración típica de la variedad. Sin embargo, los frutos expuestos al sol son más grandes y precoces. Este efecto ocurre en numerosas especies, pero en el níspero es más notable debido a que el crecimiento del fruto ocurre en invierno y madura al inicio de la primavera, momento en que la temperatura ambiente es relativamente baja.

La luz tiene una influencia decisiva sobre la intensidad de la alteración. Avidan y Klein (1998), ponen por primera vez de manifiesto que el número de frutos afectados por mancha morada se reduce del 75% al 25% en árboles que crecen con una reducción del 30% de la intensidad lumínica. Gariglio et al. (2003) observan que el embolsado de los frutos para evitar su iluminación directa reduce significativamente la intensidad de la mancha, llegando a ser nula (Fig. 26). Del mismo modo, también se consigue atenuar la intensidad de la mancha púrpura disminuyendo la intensidad de la radiación fotosintéticamente activa que incide sobre la planta entre un 80% y un 50% mediante la utilización de mallas de sombreo, pero la calidad del fruto es afectada considerablemente, disminuyendo significativamente el contenido de sólidos solubles y aumentando la abscisión de frutos previa a su madurez (Gariglio, 2001).

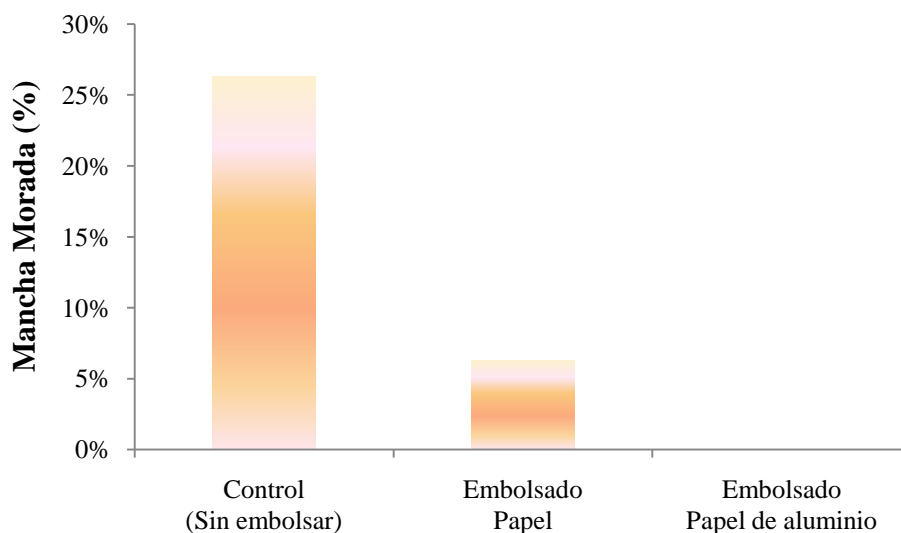


Figura 26. Influencia de la luz incidente en el fruto sobre la intensidad de la mancha morada del níspero japonés, cv. Algerie. Fuente: Adaptado de Gariglio et al. (2006).

El sombreado en el níspero japonés provoca un incremento significativo de la concentración de monosacáridos y una disminución de la concentración de sacarosa tanto en la piel como en la pulpa. Entre la cara expuesta a la luz y la cara interna de los frutos, sin embargo, no se ha encontrado ninguna diferencia en el contenido de azúcares (Gariglio, 2001).

La luz también modifica los componentes del potencial hídrico de la piel del fruto, aumentando la presión de turgencia y reduciendo el potencial osmótico. Esta disminución del potencial osmótico de la piel indica una deshidratación de este tejido, de lo contrario el potencial osmótico no debería aumentar nuevamente a la madurez del fruto, ya que en ese momento, la concentración de azúcares es igual o mayor. Lo mismo sucede cuando se compara el potencial osmótico de la cara expuesta respecto de la cara no expuesta de los frutos. En ambos casos, la concentración de azúcares es la misma y, sin embargo, el potencial osmótico es significativamente menor en la cara expuesta, donde aparece el 80% de los casos de mancha. Esto indica, una mayor deshidratación del tejido epidérmico expuesto a la luz (Gariglio et al., 2003). Este mismo fenómeno ocurre al comparar frutos expuestos y embolsados al comparar frutos desarrollados en invernaderos con calefacción y al aire libre (Gariglio et al., 2002). En este último caso, la concentración de azúcares (sobre peso seco) en la piel de los frutos desarrollados sin

calefacción es menor y sin embargo su potencial osmótico también lo es. Por otro lado, el análisis de la composición mineral de los frutos no presenta diferencias atribuibles a la luz, a excepción del aumento significativo registrado en el contenido en Fe, y de la mayor concentración de Mg, Mn y Cu de la cara externa del fruto, y por tanto más expuesta a la luz, en la que más del 80% de los frutos muestran los síntomas de la mancha púrpura (Gariglio et al., 2006).

El efecto más notorio que se produce al ocultar los frutos de la luz es la reducción de la temperatura del fruto. Los frutos expuestos llegan a tener un incremento de más de 8°C en su cara expuesta, con respecto a la temperatura ambiente, y de 4°C en la cara no expuesta al sol (Gariglio, 2001). Este incremento de la temperatura del fruto, como consecuencia de la radiación solar, aumenta notablemente su tasa respiratoria. Si se asume que la tasa respiratoria está relacionada con la tasa de crecimiento del fruto, los frutos ocultos a la luz presentan una tasa de crecimiento más pareja a lo largo del día, mientras que los frutos expuestos pueden presentar grandes variaciones. Un efecto parecido se produciría entre la cara expuesta y la cara interna de los frutos expuestos. Así, el aumento de temperatura observado en la cara expuesta del fruto respecto a la temperatura ambiente, debe aumentar la tasa de crecimiento de estos frutos, en especial de su cara expuesta, como lo evidencia su menor potencial osmótico, acentuando los fenómenos de tensión entre tejidos y los riesgos de aparición de la alteración fisiológica.

De acuerdo con la temperatura ambiente en la época del cambio de color, los frutos expuestos superan, a determinadas horas del día, los 30°C en su cara expuesta. Esto implica aumentar su tasa respiratoria en un 65% respecto de los frutos ocultos de la luz solar (Gariglio et al., 2006). El embolsado de los frutos aparece, pues, como una herramienta de utilidad en la reducción de la incidencia de la patología, si bien su alto coste ha provocado una utilización residual de esta práctica en España, no así en China (Fig. 27).



Figura 27. Plantación en China de níspero japonés embolsado.

# **MATERIALES Y MÉTODOS**



## 4. Materiales y Métodos

### 4.1. Caracterización de la parcela de ensayo

La parcela en la que se han llevado a cabo los distintos ensayos que componen este trabajo de investigación pertenece a la Estación Experimental de la Fundación Cajamar (Fig. 28). La Estación Experimental se encuentra en la comarca agrícola almeriense del Campo de Dalías, en el paraje Las Palmerillas, perteneciente al término municipal de El Ejido (Fig. 29). Las coordenadas geográficas en las que se haya localizada la estación son: Longitud 2°43'W, Latitud: 36°48'N. Su altitud es de 151 m. La parcela de ensayo cuenta con una superficie cultivada de 1500 m<sup>2</sup>.



Figura 28. Edificio de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar.



Figura 29. Plano de situación y vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Fuente: SIGPAC.

## 4.2 Clima

Según la clasificación de Papadakis, la zona en la que se encuentra la parcela experimental presenta un tipo climático mediterráneo semiárido subtropical, con un régimen térmico subtropical semicálido, con tipo de invierno Citrus y tipo de verano Gossypium, y un tipo de régimen de humedad mediterráneo semiárido. Según la clasificación de Thornthwaite, la zona presenta un clima E B<sub>3</sub> d a', con un índice de humedad tipo árido (E), eficacia térmica tipo tercer mesotérmico (B<sub>3</sub>), variación estacional de la humedad tipo pequeño o ningún exceso de agua en invierno (d), y concentración de la necesidad de agua en verano tipo baja concentración (a').

El régimen térmico de la zona se caracteriza por una temperatura media anual de 18,3°C, siendo enero el mes más frío (12,2°C) y agosto el mes más cálido (25,8°C). La temperatura media de las máximas es de 22,9°C y la media de las mínimas es de 14,0°C (Fig. 30). La temperatura máxima absoluta en los últimos 20 años ha sido de 41,0°C en el mes de agosto de 2005 y la mínima absoluta -3,0°C, en el mes de enero del mismo año.

El régimen de humedad se caracteriza por presentar una humedad relativa media anual del 68,2 %, con una media de las máximas del 89,7 % y una media de las mínimas del 45,6 % (Fig. 31).

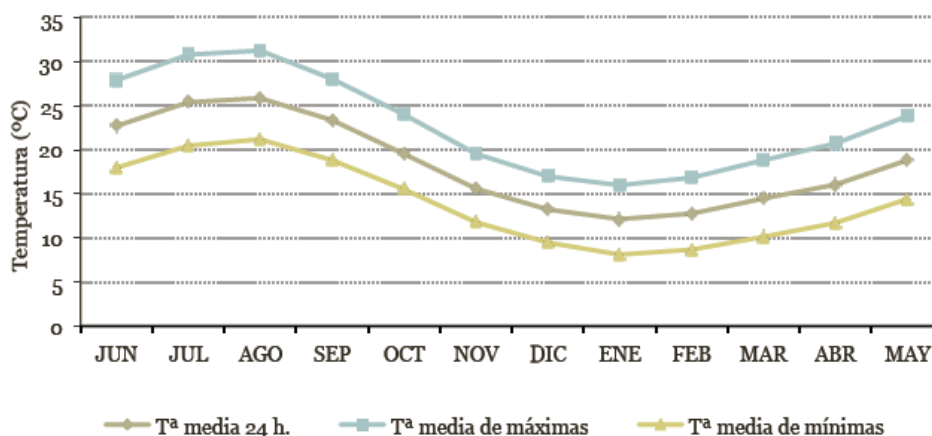


Figura 30. Régimen térmico. Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar. Serie Histórica de 1977 a 2011.

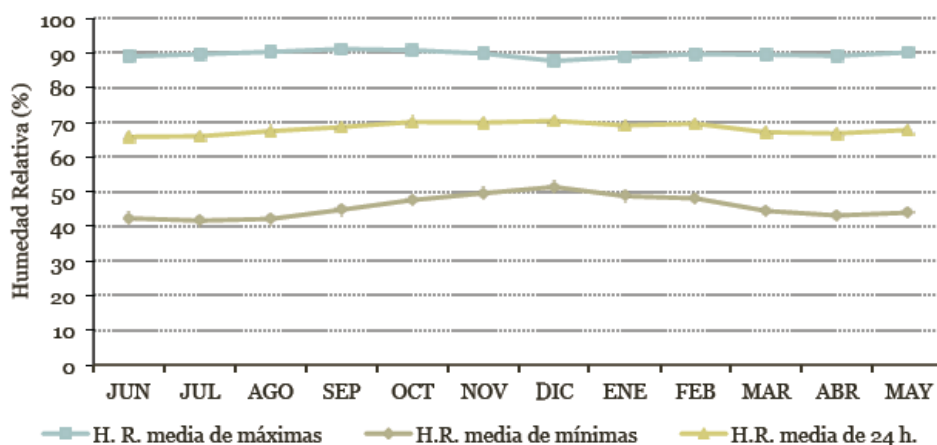


Figura 31. Régimen de humedad. Estación meteorológica de la Estación Experimental de Cajamar. Serie Histórica de 1977 a 2011.

La precipitación media anual en la zona es muy baja, de tan solo 262 mm, distribuidos principalmente en los meses de otoño e invierno (Fig. 32), con una precipitación acumulada mensual máxima de 44 mm en diciembre y mínima de 0,9 mm en julio. Además, las precipitaciones suelen ser irregulares, con una media de tan solo 40 días de lluvia al año. La evaporación media anual (Epan), medida en un tanque evaporimétrico clase A ubicado en la misma finca (Fig. 33), es de 1922 mm, lo que resulta en una  $ET_0$  de 1283 mm. La evaporación media mensual es de 166,3 mm con un máximo en julio de 274,7 mm y un mínimo en diciembre de 72,3 mm (Fig. 32).

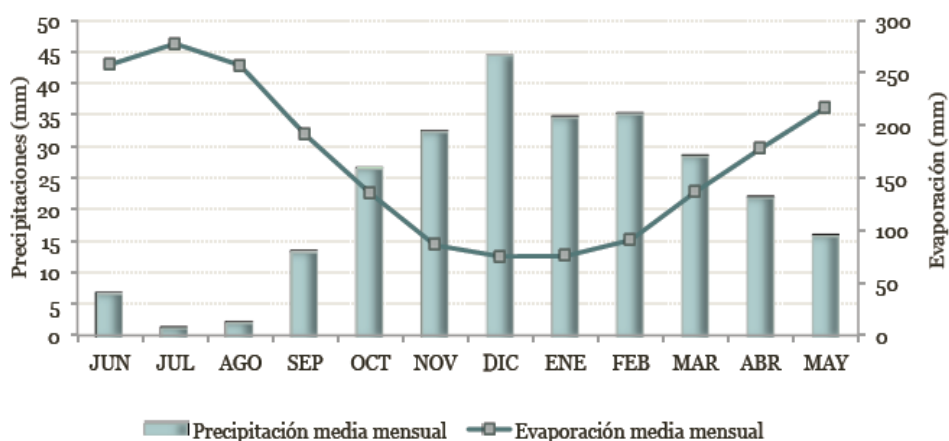


Figura 32. Precipitaciones medias mensuales (serie histórica 1977/2011) y evaporación media mensual (serie histórica 1982/2011). Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar.

El número de horas sol acumuladas en un año en la zona es elevado con una media de 3.273 (Fig. 33). La radiación global media anual es de  $4,7 \text{ kWhm}^{-2} \text{ día}^{-1}$  con una máxima de  $11,5 \text{ kWhm}^{-2} \text{ día}^{-1}$  y una mínima de  $0,1 \text{ kWhm}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (Fig. 35). La radiación PAR media anual es de  $35,6 \text{ Em}^{-2} \text{ día}$ , con un máximo de  $85,5 \text{ Em}^{-2} \text{ día}$  y un mínimo de  $0,5 \text{ Em}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (Fig. 36).

Por último, los vientos dominantes de la zona son de componente Oeste con rachas máximas que en algunas ocasiones han superado los  $100 \text{ kmh}^{-1}$  (Fig. 37).



Figura 33. Estación meteorológica de la Estación Experimental de Cajamar. Tanque Evaporimétrico Clase A.

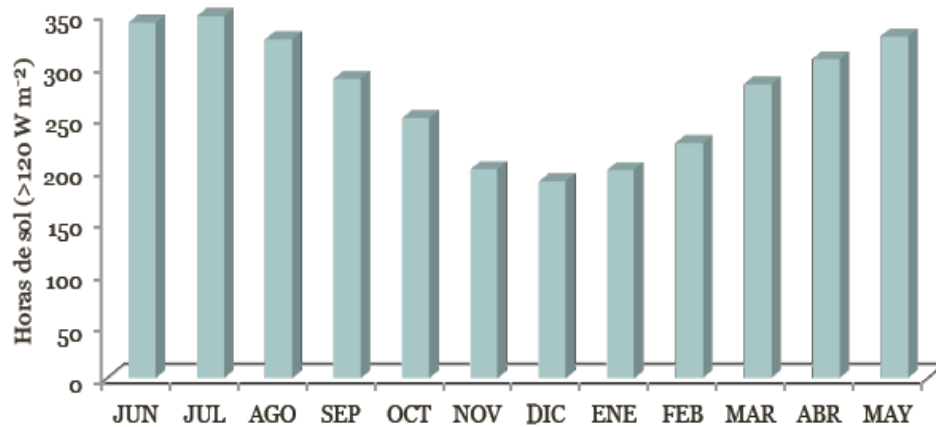


Figura 34. Horas de sol. Estación meteorológica de la Estación Experimental de la fundación Cajamar. Serie histórica de 1992 a 2000.

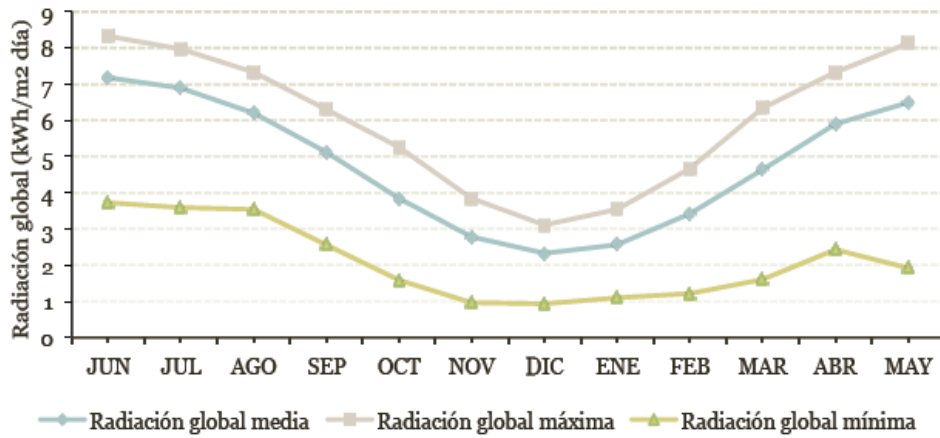


Figura 35. Radiación global. Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar. Serie histórica de 1983 a 2011.

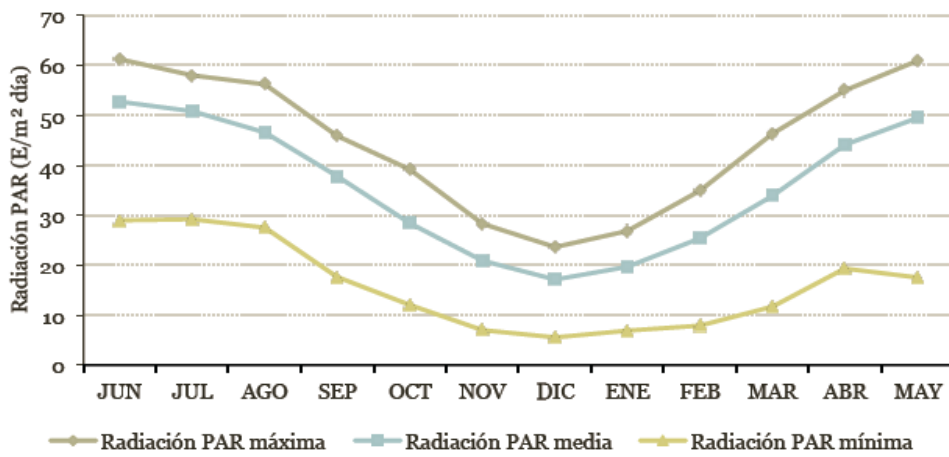


Figura 36. Radiación fotosintéticamente activa (PAR). Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar. Serie histórica 1992 a 2011.

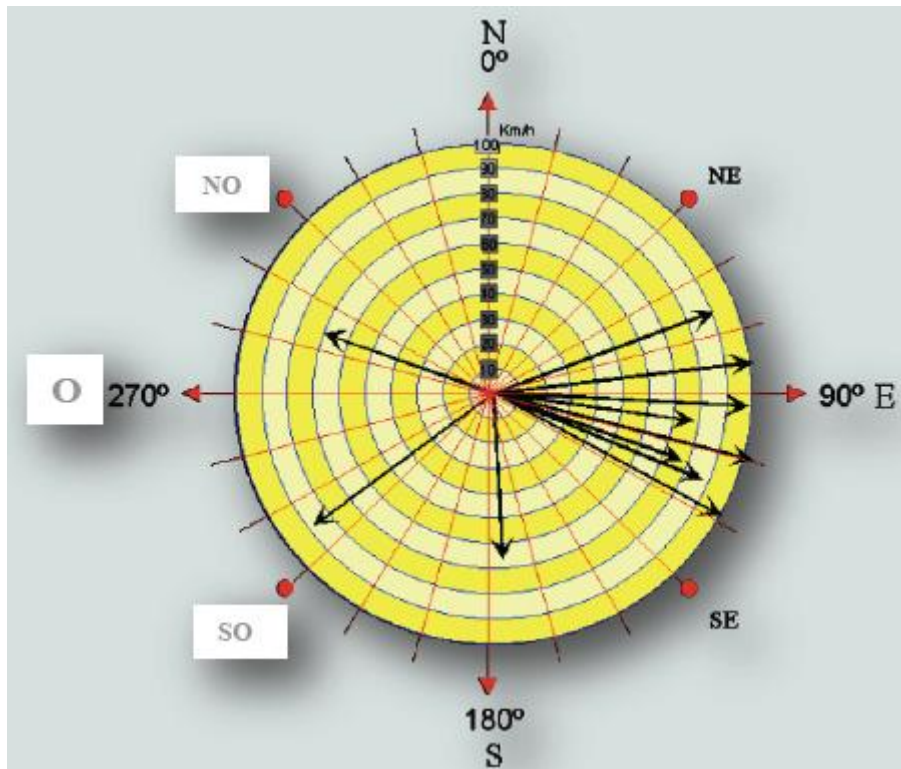


Figura 37. Rosa de los vientos. Estación meteorológica de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar. Serie Histórica 1998 a 2011.

### **4.3 Suelo**

Morfológicamente, la zona está constituida por una gran extensión suavemente ondulada, rodeada al Sur y al Este por el mar Mediterráneo y limitada al Norte por los escarpes montañosos del borde Sur de la Sierra de Gádor. Toda la llanura tiene como origen una plataforma de abrasión marina, que ha sufrido numerosas transgresiones y regresiones durante el cuaternario y ha sido cubierta en parte por grandes depósitos aluviales procedentes de la Sierra de Gádor bajo un régimen de lluvias torrenciales. Se cree que durante el Mioceno la costa debió situarse muy cerca de la Sierra. En la base de este suelo aparece un conglomerado poco importante y por encima se observa una formación margosa. Encima de estas margas, aparecen margas arenosas, arenas semiprofundas y calcarenitas (MOPT, 1991).





Figura 38. Vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar. El marco amarillo señala la plantación donde se han realizado los ensayos.

La parcela de ensayo se encuentra ubicada dentro de una zona abancalada (Fig. 38), lo que supuso la modificación de la estructura original del suelo. El suelo en el horizonte más superficial (0-10 cm) presenta una textura franco-arcillo-arenosa (45,6 % arena; 29,2 % limo; 24,1 % arcilla), con un 4,0 % de materia orgánica, 25 % de carbonatos totales, alto contenido en nitrógeno y bajo contenido de fósforo. El suelo es ligeramente básico ( $\text{pH}=8,3$ ), y la conductividad eléctrica (CE) del extracto saturado (ES) a  $25^{\circ}\text{C}$  es de  $1,24 \text{ dSm}^{-1}$ , por lo que no es un suelo salino. En el siguiente horizonte (10-30 cm) se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas del cultivo. Dicho horizonte se caracteriza por un bajo contenido de materia orgánica (0,6 %) textura franco-arenosa (63,3 % arena; 20,6 % limo; 16,1 % arcilla), 25,0 % de carbonatos totales, bajo contenido de nitrógeno y fósforo,  $\text{pH}=7,8$  y CE del ES a  $25^{\circ}\text{C}$  de  $1,3 \text{ dSm}^{-1}$ . El siguiente horizonte (30-60 cm) presenta características similares al horizonte precedente, con una textura franco-arenosa (66,6% arena; 17,9% limo; 15,4% arcilla), 25,0% de carbonatos totales y bajo contenido de materia orgánica (0,34%).

La textura franco-arenosa supone que el suelo presente una baja capacidad de retención hídrica. Así el contenido de humedad gravimétrica medido a capacidad de campo (0,33 atm) es de 13,4%, mientras el punto de marchitez permanente (15 atm) es sólo del 5,1%. Las características del suelo se muestran en detalle en los anexos.



#### **4.4 Material vegetal**

Los ensayos se han realizado sobre una plantación de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv ‘Algerie’, injertado sobre pie de membrillero (*Cydonia oblonga* Mill.) de Provence BA-29 (Fig. 39). La variedad ‘Algerie’ proviene de una semilla germinada en Argelia y multiplicada comercialmente en la provincia de Alicante (Rodríguez, 1983). Esta variedad es vigorosa de porte erecto con tendencia a la verticalidad. Es muy productiva, presenta buena resistencia al transporte y a la manipulación y además es excelente para la industria. El cultivar Algerie florece en noviembre y sus frutos maduran en abril-mayo, según zona de cultivo. Es una variedad muy productiva.



Figura 39. Plantación de níspero japonés sobre la que se han realizado los ensayos de riego deficitario.

La plantación objeto de estudio se estableció en febrero de 1992. Actualmente presenta una separación entre calles de 5 m y una distancia de 5 m dentro de la fila (marco de plantación 5 m x 5 m). Los árboles están distribuidos en tres setos dentro de la parcela y cada uno de ellos cuenta con 5 filas de árboles. El sistema de formación adaptado para los nísperos es en vaso libre. La poda de fructificación se realiza en septiembre. Con el objetivo de regular el nivel de carga frutal, a lo largo de los tres años de ensayo, se realizó aclareo de inflorescencias en plena floración eliminando los dos tercios superiores de las panículas dejando las

dos o tres primeras ramificaciones de la panícula. Posteriormente se realizó aclareo manual de frutos en el mes de enero dejando una carga definitiva de cuatro frutos por inflorescencia.

#### **4.5 Tratamientos de riego**

Los ensayos se llevaron a cabo durante tres campañas, desde junio de 2008 hasta junio del 2011. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- ❖ **Control:** Recibió el 100% de las necesidades del cultivo durante todo el ciclo, dotación anual equivalente al 40% de la evaporación (Epan) medida en un tanque evaporimétrico clase A, ubicado en la misma finca (Fig. 39).
- ❖ **T1:** Riego deficitario en prefloración. Durante los meses de junio y julio se suspendió completamente el riego por un periodo aproximado de 8 semanas hasta alcanzar los  $47 \text{ MPa día}^{-1}$  de integral de estrés hídrico (WSI por sus siglas en inglés) (Fernández et al., 2009), en el resto del ciclo recibió el mismo aporte de agua de riego que el tratamiento control.
- ❖ **T2:** Recibió el mismo tratamiento de RD en prefloración mencionado anteriormente (T1). Adicionalmente, se realizó una restricción del riego en precosecha, durante el crecimiento del fruto (Fig. 39). La restricción del riego durante la precosecha comenzó cuando el 50% de los frutos habían alcanzado el estado fenológico 2B descrito por Pinillos et al. (2007). El riego se restituyó una vez finalizada la cosecha (aproximadamente 9 semanas de RD dependiendo del año). Exceptuando esos dos periodos de restricción del riego, en precosecha y en prefloración, este tratamiento recibió la misma dotación de riego que el tratamiento control durante el resto del ciclo. A partir de la segunda campaña, se colocaron plásticos en el suelo para evitar la interferencia que las precipitaciones ocasionales en los meses de marzo y abril suponen sobre el tratamiento.

- ❖ **T3:** Recibió el mismo tratamiento de RD en prefloración descrito en T1, pero además durante el crecimiento y desarrollo del fruto, se restringió el riego durante un periodo aproximado de 6 semanas dependiendo del año (Fig. 39). El periodo de restricción del riego comenzó cuando el 50% de los frutos habían alcanzado o superado el estadio fenológico 3 (fruto virando a amarillo) descrito por Pinillos et al. 2007 (Fig. 40) restaurando el riego una vez finalizada la cosecha. Los árboles de este tratamiento recibieron la misma dotación de riego durante el resto del ciclo que el tratamiento control.
- ❖ **T2-3:** Los árboles de este tratamiento recibieron el tratamiento de RD en prefloración descrito en T1, pero además durante el crecimiento del fruto se suspendió el riego durante un breve periodo (Fig. 40). La restricción del riego comenzó cuando aproximadamente el 50% de los frutos de cada árbol habían alcanzado el estadio fenológico 2B (Fig. 41) y se restauró cuando el 50% de los frutos presentes en el árbol habían alcanzado el estadio fenológico 3 (fruto amarillo) descrito por Pinillos et al. (2007) (un periodo aproximado de 6 semanas dependiendo del año).

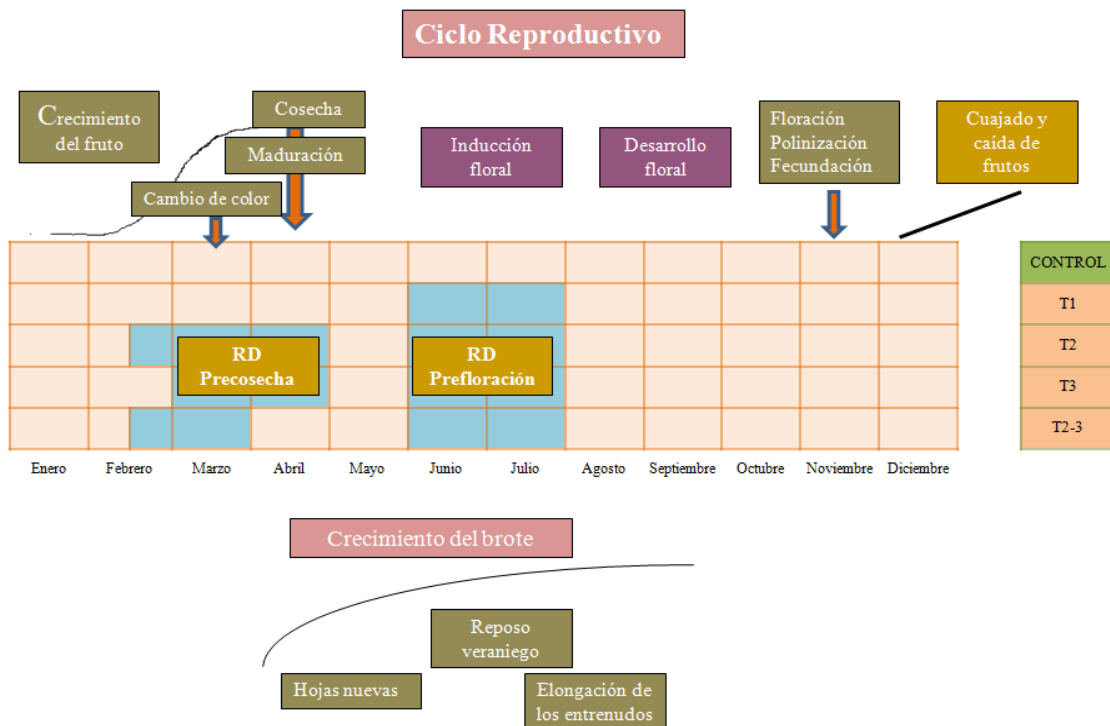


Figura 40. Ciclo anual del níspero japonés donde se observa la distribución de los distintos tratamientos de riego deficitario. En azul periodos de riego deficitario.

Cada tratamiento se aplicó sobre tres filas de árboles, en una fila por seto. La programación de los riegos se realizó quincenalmente. La frecuencia de los riegos en el tratamiento control fue de dos a tres riegos por semana en otoño e invierno, cuatro riegos por semana en primavera y hasta cinco riegos semanales en verano, sobre ellos se aplicó un volumen de agua constante en cada uno de los riegos de 4,5 mm por riego. El agua empleada para el riego procede de un sondeo y presenta una CE a 25°C de 1,14 dSm<sup>-1</sup> y un SAR de 2,0. Según las normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego, esta agua se clasifica como un agua con una ligera restricción de uso (C2-S1) (ver Anexos). Los tratamientos de RD se aplicaron mediante un sistema de riego localizado, formado por dos líneas de goteros por cada fila de árboles. Los goteros son autocompensantes y antidrenantes, de 2,0 l h<sup>-1</sup>, integrados en la línea cada 0,5 m. Dentro de la parcela se dispusieron cinco sectores de riego, uno para cada tratamiento, controlados por sendas electroválvulas. La programación de los riegos se realizó con un programador AGRONIC-4000, de Progress S.A. En el cabezal que gestiona los riegos de toda la finca existe un contador general de agua para toda la parcela de ensayo, y en la propia parcela hay cinco contadores más, uno para cada tratamiento de RD. El agua aplicada en cada uno de los tratamientos de RD a lo largo de todo el ensayo se obtuvo a partir de la lectura de estos contadores y se representa en el cuadro 8. La lectura de los contadores permitió controlar la cantidad real de agua aplicada en los distintos riegos en función de la programación, así como detectar las posibles fugas o averías del sistema a lo largo del ensayo.

Cuadro 8. Agua aplicada con el riego en cada uno de los tratamientos durante el ensayo.

Tratamiento	Agua aplicada (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011
T1	6066	7474	7201
T2	4404	4105	4525
T3	5158	6799	5158
T2-3	5157	6281	5384
Control	8155	8483	8815

Todos los árboles, independientemente del tratamiento de riego, recibieron 250 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 175 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> distribuidos a través de sistema de riego en función de la época del año (Anexos). El suelo se mantuvo libre de malas hierbas mediante desbrozado y aplicaciones localizadas de glifosato. Los tratamientos fitosanitarios se realizaron principalmente para controlar pulgón y moteado (ver Anexos).



Figura 41. Estadios fenológicos de maduración del fruto de níspero japonés (Adaptado de Pinillos et al., 2007).

#### **4.6 Parámetros estudiados**

Sobre este material vegetal se mantuvieron durante tres años consecutivos los mismos tratamientos de RD en prefloración y en precosecha descritos anteriormente. Sobre estos árboles se estudió el efecto de los tratamientos de riego sobre diferentes parámetros relacionados potencialmente con la mancha morada. A continuación, se presentan de manera detallada los procedimientos realizados para la medida de los diferentes parámetros analizados, y su comparación entre los distintos tratamientos.

Para estudiar la respuesta se planteó un diseño experimental en bloques al azar con cinco tratamientos de riego, tres bloques (setos) y una repetición por bloque (una fila de árboles) en cada uno de los tratamientos tomando para las medidas los dos árboles centrales de cada fila. Se marcaron un total de 12 panículas por árbol previamente aclaradas dejando sólo cuatro frutos en cada una, nivel establecido como óptimo en este cultivar (Leiva, 1999). Posteriormente al aclareo, se seleccionó al azar uno de los frutos, lo que supuso un total de 12 frutos por árbol, ubicados a la altura del observador y repartidos de manera uniforme en la copa del árbol y a todo su alrededor en los cuatro puntos cardinales. Partiendo de la premisa que el fruto nº 1 corresponde al ubicado en el Norte geográfico, a partir de éste se tomaron las diferentes muestras siguiendo el sentido de las agujas del reloj. Sobre estos frutos se realizaron mediciones y anotaciones cada siete días, comenzando en el estadio fenológico 2 (fruto verde) (Pinillos et al., 2007). Los frutos marcados se cosecharon cuando cesaron de crecer, en el estadio fenológico 5 (fruto maduro) (Pinillos et al., 2007).

##### **4.6.1 Efecto de los tratamientos de RD sobre el porcentaje de frutos con Mancha Morada**

En la plantación de níspero japonés cv. Algerie descrita anteriormente se estudió el efecto de los tratamientos de riego deficitario controlado (RDC) prefloración y precosecha (T1, T2, T2-3, T3 y C) sobre la incidencia de la mancha morada en el fruto en las campañas 2008/09, 2009/10 y 2010/11.



El objeto de esta comparación era cuantificar el porcentaje de fruto afectado visiblemente por la mancha morada en cada tratamiento (con independencia de que el daño fuera extenso o pequeño) y comparar si existen diferencias significativas entre tratamientos, a este respecto. Para ello, los datos obtenidos serán sometidos a tratamiento estadístico, mediante análisis de la varianza. Todo ello se realizará con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.1.15.

Para lograr este objetivo, se anotó a lo largo de la evolución del fruto si éste manifestó en algún momento la aparición de mancha morada.

### **4.6.2 Efecto del tamaño del fruto sobre la incidencia de la Mancha Morada**

Sobre el conjunto de frutos se llevó a cabo la medida del calibre ecuatorial máximo del fruto durante su crecimiento en el árbol. Para ello, se realizó un seguimiento del calibre máximo cada siete días, comenzando en el estadio fenológico 2 (Pinillos et al., 2007), hasta la recolección de los frutos. Para medir el calibre se empleó un pie de rey digital de POWERFIX de 0.01 mm de resolución.

Una vez obtenidas las medidas del calibre se obtuvieron los calibres medios máximos en el momento óptimo de maduración (estado fenológico 5), para cada tratamiento. Para la comparación de los calibres medios máximos se diferenció entre frutos con mancha morada y frutos sin mancha morada, con el objetivo de poder determinar si la fisiopatía se presenta en mayor medida en frutos de mayor calibre. Una vez obtenidos los calibres medios máximos para cada tratamiento se analizó la existencia de diferencias significativas entre frutos con y sin mancha morada mediante el análisis de la varianza con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.1.15.



#### **4.6.3 Determinación del tamaño del fruto (en % de su tamaño final) en el momento en que aparece la Mancha Morada**

Sobre frutos seleccionados entre aquellos en los que aparece la mancha morada, en cada tratamiento y en cada campaña se analizó la relación existente entre el tamaño final que alcanza el fruto y el momento en el que aparece la mancha morada. Para lo cual se anotó el calibre del fruto en el momento en el cual apareció la mancha morada teniendo como referencia el calibre final de dicho fruto. Para estimar el calibre se empleó un pie de rey digital de POWERFIX de 0.01 mm de resolución.

#### **4.6.4 Determinación de la incidencia de Mancha Morada en los frutos de maduración temprana versus tardíos**

Sobre el conjunto de frutos seleccionado se comparó la incidencia de la mancha morada entre el cuartil de frutos más temprano (precozes) versus el cuartil más tardío, indicando en cada cuartil el porcentaje de fruto afectado con mancha morada. Como cuartil más temprano se consideró aquel en el que los frutos maduraron antes, en el caso de existir conflicto por igualdad de fechas entre dos frutos se consideró más temprano aquel en el que la tasa de crecimiento fue menor entre las dos últimas medidas. Como cuartil más tardío se consideró aquel en el que los frutos maduraron más tarde, en el caso de existir conflicto con dos frutos se consideró más tardío aquel en el que la tasa de crecimiento fue mayor en las últimas fechas.

#### **4.6.5 Efecto de la posición del fruto en la copa del árbol en la probabilidad de sufrir Mancha Morada**

Sobre los frutos seleccionados, siguiendo los criterios anteriormente indicados (12 frutos por árbol, con el fruto n° 1 correspondiendo al ubicado al Norte geográfico y el n° 6 al Sur), se determinó la incidencia de mancha morada y se representó mediante un diagrama circular (“diagrama de tarta”). Se comparará el patrón obtenido para cada

tratamiento y cada campaña, así como un patrón general para las tres campañas evaluadas.

### **4.6.6 Estado fenológico del fruto en el momento de aparición**

Sobre los frutos seleccionados en los cuales apareció la mancha morada se anotó el estado fenológico en el que se manifestó la fisiopatía, diferenciándose entre el estado 2B, estado 3, estado 3B, estado 4 y estado 5. Para ello, se utilizaron los estados fenológicos establecidos en 2007 por Pinillos et al.

Mediante la obtención de los valores medios correspondientes a los estados en los que apareció la incidencia se pone de manifiesto el estado fenológico del fruto a partir del cual el desarrollo de la fisiopatía se manifiesta.

### **4.6.7 Análisis del contenido mineral de la piel y de la pulpa en frutos con mancha morada y en frutos sin Mancha Morada**

Para el análisis del contenido mineral se muestrearon frutos de níspero afectados por mancha morada y se compararon con frutos sanos ambos procedentes de árboles sometidos a las diferentes estrategias de riego anteriormente expuestas. Para cada tratamiento se tomó una muestra de varios frutos con mancha morada y otra de frutos sanos. Las muestras fueron tomadas en el mes de mayo.

Sobre ellos se llevó a cabo un análisis del contenido mineral de la piel y de la pulpa de dichos frutos, cuantificándose la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, considerados como macroelementos y de hierro, cobre, manganeso y cinc considerados como microelementos. Previamente se ignora la procedencia de las muestras de los diferentes tratamientos y se tomó cada tratamiento como repetición (lo cual no parece muy adecuado).

El análisis se llevó a cabo mediante una digestión vía húmeda nítrico perclórica, posteriormente se determinó el nitrógeno total por digestión Kjeldhal (Bremmer and Mulvaney, 1982), el fósforo total por espectrofotometría por formación del complejo fosfovanadomolibdico con espectrofotómetro de doble haz ultravioleta-visible marca Unicam Helios Omega de Thermoscientific (Watanabe et Olsen, 1965), calcio, magnesio, potasio y los microelementos hierro, cobre, manganeso y cinc por absorción atómica. (Perkin Elmer, modelo Analyst 100), expresado como porcentajes los macroelementos y en ppm los microelementos. Todos los métodos son normalizados de los métodos oficiales del Ministerio de Agricultura (1986) y Methods of Soil Analysis part 3 Chemical Methods de la Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy (1996).

# **RESULTADOS**

## **5. Resultados**

Este apartado muestra los resultados relativos al efecto de los tratamientos de riego deficitario controlado (RDC) prefloración y precosecha (T1, T2, T2-3, T3 y C) sobre la incidencia de la mancha morada en el fruto del níspero japonés variedad ‘Algerie’ en las campañas 2008/09, 2009/10 y 2010/11.

### **5.1 Efecto de los tratamientos de riego sobre el porcentaje de frutos con Mancha Morada**

El objeto de esta comparación fue cuantificar el porcentaje de frutos afectados por la mancha morada en cada tratamiento (con independencia de que el daño fuera extenso o pequeño) y comprobar si existen diferencias significativas entre tratamientos, a este respecto. Como ya se ha indicado en la sección de Material y Métodos, para lograr este objetivo, se anotó a lo largo del desarrollo de cada uno de los frutos marcados, si manifestaron en algún momento mancha morada.

El diseño experimental fue de bloques al azar, siendo estos los setos de la parcela experimental. En primer lugar, se analizó si existían diferencias a nivel de bloque (seto). El análisis de la varianza (ANOVA) reflejó la existencia de diferencias significativas entre los diferentes setos, observándose que el seto 3 presentó una mayor incidencia de mancha morada que los setos 1 y 2 ( $p=0,0033$ ), considerando el conjunto de las tres campañas de estudio (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto del bloque (seto) sobre la incidencia de mancha morada durante el periodo 2009-2011.

	<b>Incidencia de mancha morada (%)</b>	
<b>S1</b>	18,9	b
<b>S2</b>	23,6	b
<b>S3</b>	36,2	a

Separación de medias mediante el test de Tukey. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). El ANOVA se realizó sobre los datos previa transformación angular de los mismos.

Una vez constatada la existencia de diferencias en la incidencia de mancha morada entre bloques (setos), se estudió el efecto del año de estudio, observándose de nuevo la existencia de diferencias significativas ( $p=0,0471$ ). En este sentido, el año 2009 presentó la menor afección con una media de un 16,4% de frutos manchados, mientras que el año 2011 presentó la mayor incidencia con un 32,5% de frutos manchados (Cuadro 11). Durante el año 2010 se produjo un nivel intermedio con casi un 22% de frutos manchados.

Cuadro 11. Efecto del año de estudio sobre la incidencia de mancha morada.

	Incidencia de mancha morada (%)	
<b>2009</b>	16,4	b
<b>2010</b>	21,9	ab
<b>2011</b>	32,5	a

Separación de medias mediante el test de Tukey. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). El ANOVA se realizó sobre los datos previa transformación angular de los mismos.

Tras constatar el efecto significativo de los setos y del año de estudio sobre la incidencia de la mancha morada en este ensayo, se deriva la obligación de mantener estas fuentes de variación para estudiar el efecto de los diferentes tratamientos de riego aplicados.

En los árboles plenamente regados (Control), el porcentaje de frutos afectados por mancha morada fue muy bajo en 2009 y 2010, con un 3 y un 6% respectivamente (Cuadro 12). En el año 2009, el tratamiento T2-3 presentó el mayor nivel de mancha morada con un 26%, encontrándose diferencias significativas con el Control. En una situación intermedia encontramos a los tratamientos T1, T2 y T3, que no difirieron significativamente del Control y T2-3 (Cuadro 12). T1 presentó un 25% de frutos afectados, nivel muy próximo a T2-3. En ambos tratamientos, el periodo de riego deficitario precosecha o no se aplicó (T1) o fue muy breve (T2-3). En cambio, T2 y T3 presentaron una incidencia de mancha morada más baja con un 15 y 13% de los frutos afectados, respectivamente (Cuadro 12). En estos tratamientos, además del periodo de riego deficitario prefloración, se aplicó un riego deficitario precosecha adicional más prolongado.

En el año 2010, los tratamientos T1 y T2-3 tuvieron de nuevo la mayor incidencia de mancha morada con un 37% y 29% de frutos afectados, respectivamente (Cuadro 12). En una situación intermedia se encontraron los tratamientos T2 y T3 con una afección media de 17% y un 21% respectivamente (Cuadro 12). Nuevamente, el Control fue el tratamiento en el que la incidencia de mancha morada fue menor con solo un 6% de frutos afectados (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de los diferentes tratamientos de riego sobre la incidencia de mancha morada durante los años 2009, 2010 y 2011.

	2009		2010		2011		Promedio
<b>T1</b>	25%	ab	37%	a	29%	a	31%
<b>T2</b>	15%	ab	17%	ab	41%	a	24%
<b>T3</b>	13%	ab	21%	ab	43%	a	25%
<b>T2-3</b>	26%	a	29%	a	29%	a	28%
<b>Control</b>	3%	b	6%	b	21%	a	10%
Valor p	0,0462		0,0085		0,3316		

Separación de medias mediante el test de Tukey. Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). El ANOVA se realizó sobre los datos previa transformación angular de los mismos.

El año 2011 la incidencia de mancha morada fue mayor que en los anteriores, como ya se ha comentado previamente. Bajo estas circunstancias no se observaron diferencias significativas, aunque los valores obtenidos variaron hasta un 20% entre los distintos tratamientos de riego aplicados (Cuadro 12). Fue de nuevo el Control el tratamiento con menor porcentaje de frutos manchados (21%). Sin embargo, T2 y T3 presentaron la mayor incidencia con un 41 y un 43% de los frutos afectados respectivamente, mientras que en esta ocasión T1 y T2-3 tuvieron una incidencia de mancha morada similar que afectó al 29% de los frutos (Cuadro 12).



## **5.2 Efecto del tamaño del fruto sobre la incidencia de Mancha Morada**

El objeto de esta comparación fue evaluar si el tamaño del fruto influye en la aparición de mancha morada, es decir si los frutos con mancha son más grandes que los frutos que no tienen mancha. Para lograr este objetivo, se anotó el diámetro final de cada uno los frutos marcados, diferenciando si presentaban mancha morada o no.

Los resultados muestran que frutos afectados por mancha morada son ligeramente más grandes que los sanos. Una vez analizados los calibres medios máximos en el momento óptimo de recolección para cada tratamiento y durante el periodo 2009-2011 se observó la existencia de diferencias significativas en cuanto al tamaño del fruto entre los frutos afectados y los frutos no afectados por mancha morada ( $p=0,0303$ ). Los frutos afectados por mancha morada presentaron un calibre medio superior a los frutos sin mancha morada, con unos valores medios de 43,57 mm, frente a los 42,15 mm respectivamente lo que supone un tamaño un 3,35% mayor (Cuadro 13).

Análisis más exhaustivos revelan que el incremento del tamaño del fruto no es el mismo en todos los tratamientos, ya que encontramos en tratamientos como el T2 donde los frutos manchados presentaban un incremento del tamaño de un 6,2%, mientras que en T1 el incremento apenas fue de un 0,5% (Cuadro 13).

Cuadro 13. Calibres medios máximos de frutos con y sin presencia de mancha morada para cada tratamiento durante el periodo 2009-2011. Sin MM (fruto sin afección por mancha morada), con MM (fruto afectado por mancha morada).

	<b>2009-2011</b>		
	<b>Sin MM</b>	<b>Con MM</b>	<b>% Incremento</b>
<b>T1</b>	42,39	42,67	0,42%
<b>T2</b>	42,19	44,74	6,42%
<b>T3</b>	42,05	43,87	3,09%
<b>T2-3</b>	41,88	43,57	4,04%
<b>Control</b>	42,26	42,91	2,27%
Promedio	42,15 b	43,57 a	3,35%

### **5.3 Determinación del tamaño del fruto (en % de su tamaño final) en el momento en que aparece la Mancha Morada**

Sobre frutos seleccionados entre aquellos en los que apareció mancha morada, en cada tratamiento y en cada campaña, se determinó la relación entre el momento en el que apareció la mancha morada en relación con el tamaño final que alcanza el fruto. Para lo cual se anotó el calibre del fruto en el momento en el cual apareció la mancha morada y se realizó un índice de tamaño relativo teniendo como referencia el calibre final de dicho fruto. Analizando los resultados obtenidos se confirma la aparición tardía de esta fisiopatía, de modo que cuando está se detectó como promedio cuando el fruto presentaba un calibre entorno al 95% de su calibre final. Esto se produjo en todas las campañas y con independencia del tratamiento de riego aplicado (Cuadro 14), existiendo muy pequeñas diferencias entre los tratamientos, ya que en T2-3 la fisiopatía se manifestó cuando el fruto presenta un 93,8% de su tamaño, en T1, T2 y T3 la fisiopatía apareció cuando el fruto alcanzaba ya algo más del 95% de su tamaño, encontrándose al control en una posición intermedia con un 94,7% (Cuadro 14). Existen, no obstante, pequeñas variaciones anuales con respecto a los diferentes años estudiados, ya que, en 2009, año de menor incidencia, el fruto ya tenía casi el 96,5% de su tamaño definitivo en el momento de aparición de los daños, mientras que durante el 2010 y 2011, años de más daños, el fruto presentaba un tamaño ligeramente menor (el 94% de su tamaño definitivo), es decir la fisiopatía se presentó algo antes en el desarrollo del fruto.

Cuadro 14. Porcentaje con respecto al calibre final en el momento que aparece la mancha morada por tratamientos y años.

Tratamientos	2009-2011
T1	95,23%
T2	95,17%
T3	95,45%
T2-3	93,81%
Control	94,70%

	2009	2010	2011
Promedio Años	96,59%	94,47%	93,90%

#### **5.4 Determinación de la incidencia de Mancha Morada en los frutos de maduración temprana versus tardíos**

Una vez comprobada la mayor incidencia de mancha morada en los frutos más gruesos, se planteó un nuevo análisis para confirmar que los daños de mancha morada se producen también en mayor medida en otros frutos de gran interés económico: aquellos que maduran antes. Analizando los datos se observó que en los tres años de estudio los frutos más tempranos son los que presentaron mayor incidencia de mancha morada con un 26% de frutos afectados, mientras que los frutos más tardíos presentaron solo un 17% de frutos con mancha morada, considerando todos los tratamientos aplicados (Cuadro 15).

Análisis más detallados ponen en este caso de manifiesto diferencias notables entre los tratamientos de riego, ya que no en todos los tratamientos se produce el mismo comportamiento. En contraposición a los tratamientos de riego deficitario, encontramos que en el Control, con fruta de recolección más tardía, apenas existió variación entre los frutos catalogados como tempranos o tardíos, presentando un 11% y un 13% de afección, respectivamente. Dentro de los tratamientos de riego deficitario, de recolección más temprana también se observaron algunas diferencias. Los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron un patrón de comportamiento similar ya que en todos ellos los frutos tempranos presentaron una mayor incidencia de mancha morada que los frutos tardíos (Cuadro 15). Así, el T1 presentó un 44% de afección si los frutos eran tempranos, frente a un 13% de frutos tardíos con mancha morada. El T2 mostró una respuesta parecida con un 33% de frutos de frutos afectados por mancha morada si eran tempranos, mientras que si eran tardíos el 13% manifestaban en su piel daños por mancha morada. Por último, en el T3, si sus frutos eran tempranos la media de frutos manchados fue del 55%, mientras que si los frutos eran tardíos este porcentaje bajó hasta un 17% de frutos manchados (Cuadro 15). Por otro lado, en T2-3 no hubo diferencias en cuanto a la incidencia de mancha morada entre los frutos clasificados como tempranos y los frutos tardíos ya que en ambos casos se observó un 28% de frutos afectados por mancha morada, comportándose de este modo como el Control.

Cuadro 15. Incidencia de mancha morada en frutos de maduración temprana versus frutos de maduración tardíos para cada uno de los tratamientos en los tres años de estudio.

Tratamiento	Fruto temprano con Mancha Morada (%)	Fruto tardío con Mancha Morada (%)
T1	44%	13%
T2	33%	13%
T3	55%	17%
T2-3	28%	28%
Control	11%	13%
Promedio	26%	17%

### **5.5 Efecto de la posición del fruto en la copa del árbol sobre la incidencia de Mancha Morada**

Sobre los frutos seleccionados, siguiendo los criterios ya mencionados en material y métodos, se anotó la incidencia de mancha morada en las diferentes orientaciones de la copa del árbol. El patrón obtenido al agrupar los datos globales de los tres años (Fig. 42) pone de manifiesto que, en las zonas más expuesta del árbol a la luz solar, el nivel de mancha morada fue algo mayor, mientras que, en general en los frutos menos expuestos a la luz solar la incidencia de mancha morada fue menor. Así en la cara sureste del árbol se concentró el 35% de los frutos afectados por mancha morada. En la cara suroeste encontramos casi un 23% de frutos manchados, en la cara noroeste un 21% de frutos afectados y en la nordeste encontramos otro 21% (Figura 42).

### Global 2009-2011

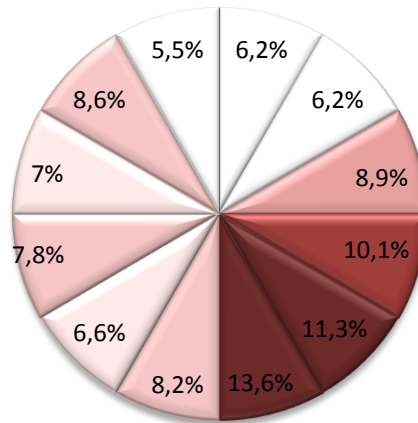


Figura 42. Porcentaje de frutos afectados por mancha morada en función a su posición en el árbol. El análisis resume los datos de las tres campañas y de los cinco tratamientos.

Esta pauta general, en la que se observó una mayor incidencia de mancha morada en la cara sureste, se repitió en cada campaña cuando se realizó el análisis de manera individual. Así, en el año 2009, de menores daños, casi el 40% de los frutos afectados por mancha morada se encontraron en la cara sureste. En la cara suroeste se encontró un 22% de frutos afectados, en la cara noroeste un 21% y aún menos en la nordeste (17%) (Fig. 43). Patrón similar al 2009 fue observado en 2010. Durante este año la cara del árbol donde apareció mayor incidencia de mancha morada fue la cara sureste con un 30% de los frutos manchados, mientras que en la cara suroeste encontramos un 29% de los frutos manchados, y en las caras noroeste y nordeste aparecieron el 20% y 21% de los frutos afectados, respectivamente (Fig. 43). Durante el año 2011 nuevamente la cara con mayor concentración de frutos afectados fue la sureste con el 36% de frutos manchados. En este año el suroeste presentó casi el 19% de los frutos afectados, la cara noroeste el 22% y en la cara nordeste casi el 24% de los frutos afectados por la mancha morada (Fig. 43).

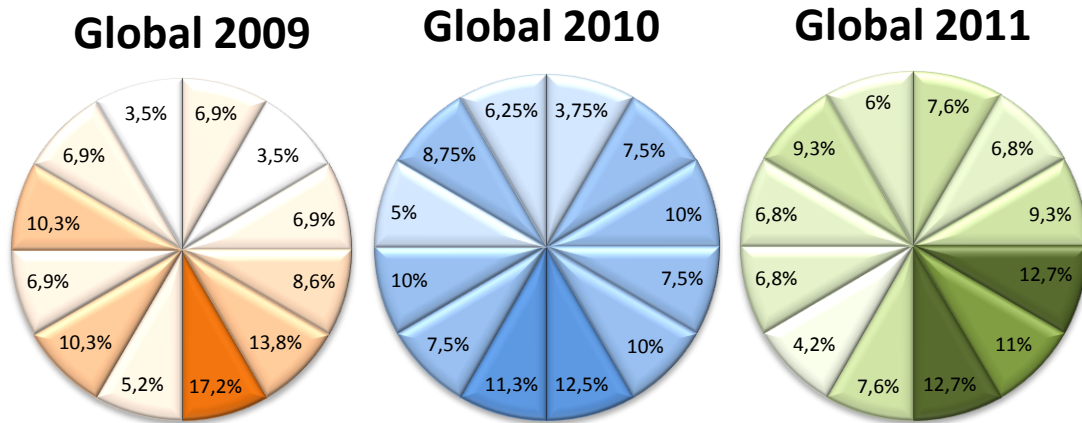


Figura 43. Porcentaje de frutos afectados por mancha morada en función a su posición en el árbol en cada campaña de estudio. El análisis de cada campaña incluye los datos de los cinco tratamientos.

Estudiando la incidencia de mancha morada de los frutos de acuerdo a su posición en el árbol para cada tratamiento se observó también que los frutos situados en la cara sureste fueron los más sensibles. En T1, la mayor concentración de frutos afectados por mancha morada se situó en la cara sureste con un 32,5%. En las caras suroeste y noroeste encontramos el 27% de los frutos afectados por esta fisiopatía, y en la cara nordeste se apreció una menor incidencia con un 13,5% de frutos afectados (Fig. 44). En el tratamiento T2, la mayor concentración de frutos afectados por mancha morada se encontró en el Este de la copa. En la cara sureste se localizó casi el 39% de los frutos afectados por mancha morada, mientras que en la cara nordeste se encontró el 23%. En la cara noroeste y en la cara suroeste se alcanzaron niveles inferiores con un 17 y 21% de frutos afectados, respectivamente (Fig. 44). En el T3 de nuevo, la mayor concentración de frutos afectados apareció en la cara sureste con casi un 38% de los frutos afectados, mientras que en la cara suroeste se encontró casi el 20%, en la cara noroeste el 18% y en la cara nordeste el 25% de los frutos dañados por la fisiopatía (Fig. 44). En el Tratamiento 2-3, nuevamente la mayor concentración de frutos afectados apareció en el Este, donde un 34% de los frutos afectados por mancha morada los encontramos en la cara sureste y un 24% de los frutos en la cara noreste. En la cara noroeste y en la suroeste algo más del 22% y del 19% respectivamente (Fig. 44). En el tratamiento control la mayor concentración de frutos afectados también se encontró en la cara sureste con más de un 32%, mientras que en las caras suroeste y nordeste

encontramos el 26% de los frutos afectados. Por último, fue en la cara noroeste donde se concentró el menor nivel de afección de la fisiopatía con algo más del 15% de los frutos afectados (Fig. 44).

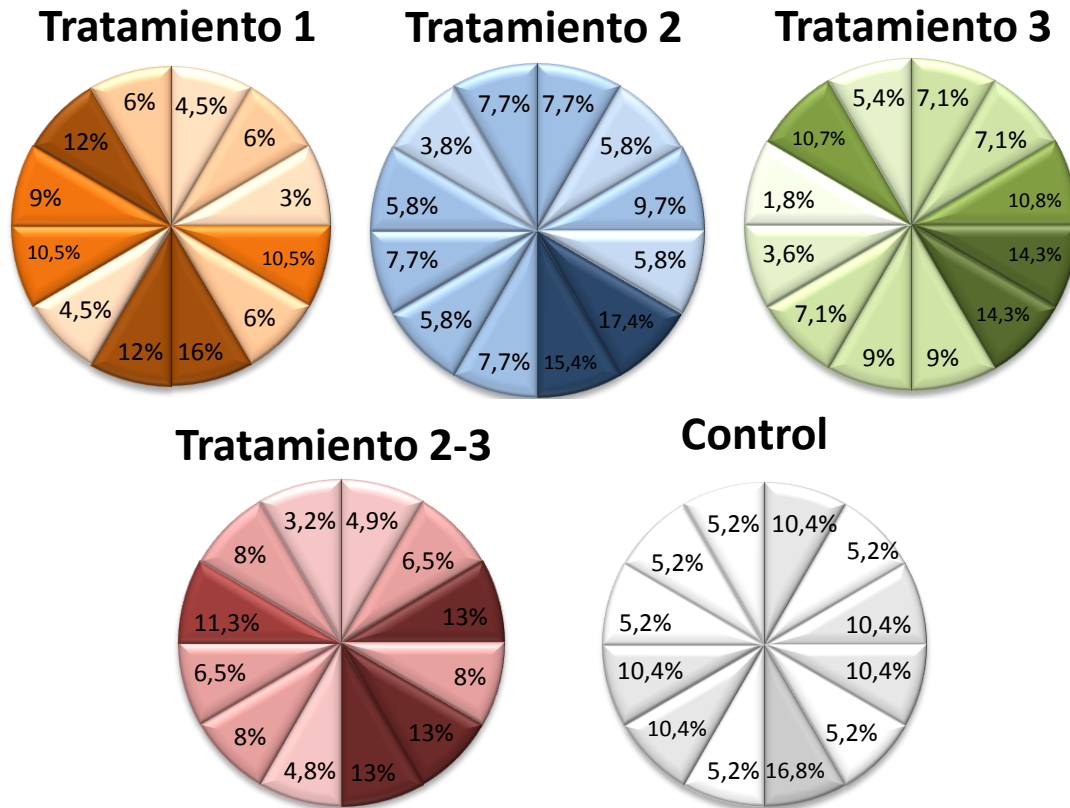


Figura 44. Porcentaje de frutos afectados por mancha morada en función a su posición en el árbol para cada tratamiento. Se incluyen los datos de las tres campañas para cada tratamiento.

Por tanto, se observó que la mayor concentración de frutos afectados por la mancha morada se encontró en la cara sureste con una media entre años y tratamientos del 35%.

**5.6 Estado fenológico del fruto en el momento de aparición de la Mancha Morada**

Sobre los frutos marcados en cada árbol se estableció el estado fenológico en el que apareció la mancha morada cuando ésta se manifestó. Analizando los datos de forma global, es decir considerando en conjunto las tres campañas y los cinco

tratamientos, se observó que la mancha morada apareció mayoritariamente cuando los frutos inician la maduración (estado fenológico 3). Los frutos en este estado presentan una coloración de la piel amarilla signo del inicio de la maduración (envero). En concreto el 35% de los frutos afectados manifestaron la mancha morada en dicho estado. En un 28% y 29% de frutos afectados apareció la mancha en los estados 3B y 4 respectivamente (Fig. 41). Sin embargo, se observó que el porcentaje de frutos afectado en el estado 2B fue ínfimo, con un 3%, al igual que los frutos que mostraron la mancha tardíamente, al alcanzar el estado 5, con apenas un 5% de los frutos (Fig. 45). Si se suma los porcentajes de los estados 3 y subestado 3B el valor supera el 63% de los frutos.

### Global 2009-2011

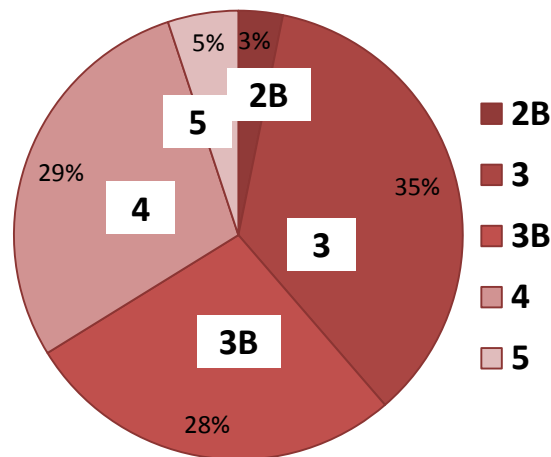


Figura 45. Estado fenológico del fruto en el que apareció la mancha morada. Análisis global para el periodo 2009-2011.

En el año 2009, la mayoría de los frutos con mancha morada apareció cuando alcanzaron el estado 4, un 36% del total, seguido del estado 3 con un 31% y del 3B con un 23%. Solo el 10% de los frutos que presentaron mancha apareció en el estado 5, mientras que en este año no se encontró ningún fruto afectado en estado 2B (Fig. 46). Durante el año 2010, el mayor porcentaje de frutos afectados presentó la mancha morada al alcanzar el estado 3 (41%), seguido del estado 3B (32%) y del estado 4 (20%). Este año el porcentaje de frutos que fueron afectados por la mancha en el estado 2B y en el estado 5 fue de un 3% y un 4%, respectivamente (Fig. 46). También en 2011, la mancha morada apareció principalmente cuando los frutos alcanzaron el estado 3 (35%), seguido en este caso del estado 4 con un 31% y del estado 3B con un 27%. En



este año en el estado 2B se encontró el 6% de afección, mientras que en el estado 5 solo alcanzó un 1% (Fig. 46).

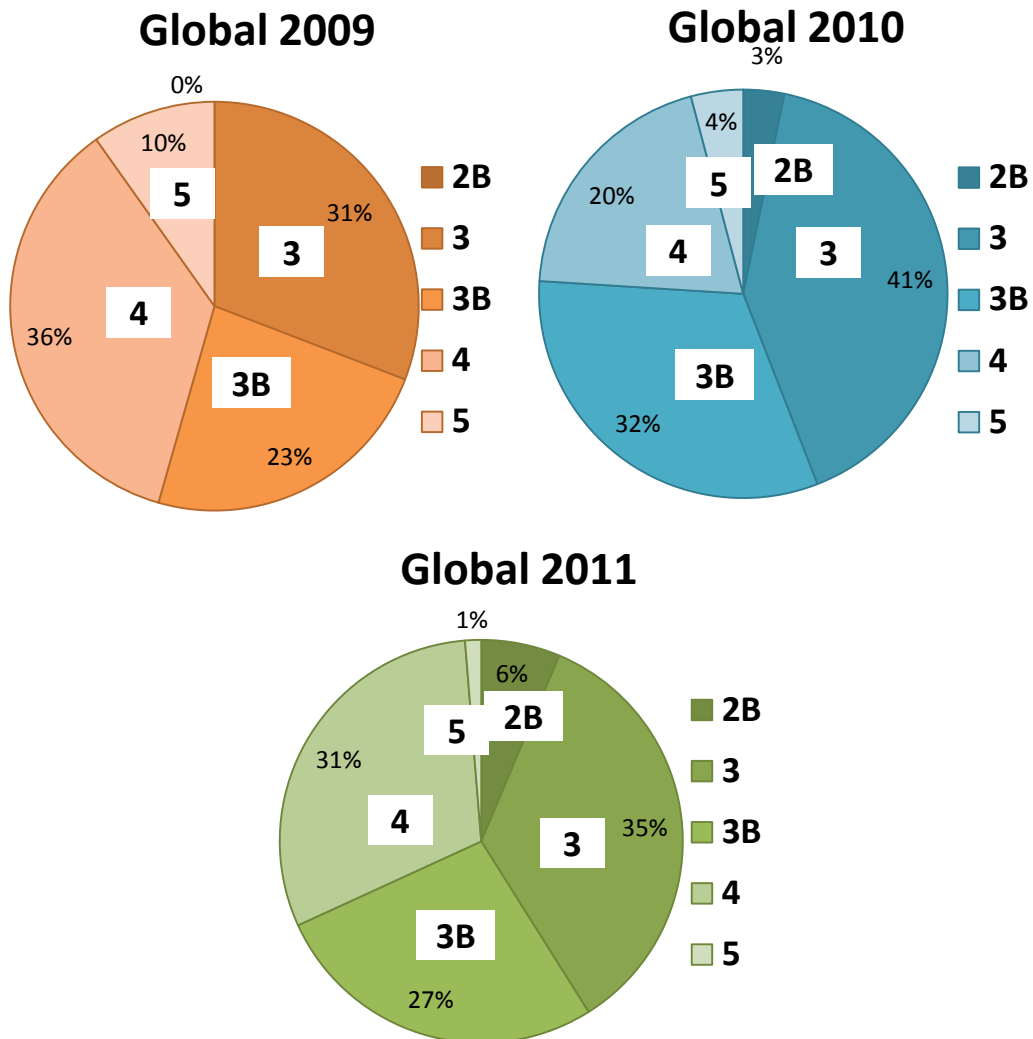


Figura 46. Estado fenológico del fruto en el que apareció la mancha morada.

Se estudió también el momento de aparición de la mancha morada para cada tratamiento. En el tratamiento Control, el 45% de los frutos afectados empezó a mancharse al alcanzar el estado 4, algo más tardíamente que en el resto de los tratamientos, mientras que un 30% comenzó a manifestar la incidencia en estado 3 y un 23% en estado 3B. Solo un 2% de los frutos se manchó más temprano en 2B. Los frutos que alcanzaron el estado 5 sanos ya no se mancharon (Fig. 47).

En el tratamiento T1 el patrón de aparición de mancha fue diferente, algo más temprano. Un 31% de los frutos afectados manifestaron la mancha en estado 3, un 28% en 3B y un 30% en estado 4. Se observó también un 9% de frutos afectados en el estado 5, y solo el 2% de los frutos se mancharon en el estado 2B (Fig. 47). En cambio, en el tratamiento T2 la mancha se manifiesta aún más temprano. Así el mayor porcentaje de frutos afectados manifestó la mancha en el estado 3 con un 44%, seguido del estado 3B con el 30% y del estado 4 con el 21%. Aquí se encontró hasta un 5% de frutos afectados en el estado 2B, y al igual que el control no apareció ningún fruto afectado en estado 5 (Fig. 47). En el tratamiento T3 se observó un patrón similar al T1, ya que un 32 y un 33% de los frutos empezaron a mostrar síntomas en el estado 3 y 3B, respectivamente, mientras que hasta un 25% de los frutos se mancharon en estado 4. Nuevamente se encontró una pequeña proporción de frutos (6%) ya manchados en el estado 2B, mientras que un 4% se mancharon en el estado 5 (Fig. 47). Por último, en el tratamiento T2-3, que incorpora un ligero periodo de riego deficitario entre los estados 2 y 3, se observó que la mayor parte de los frutos se mancharon en el estado 3 (40%) seguido por el estado 3B y el estado 4 ambos con el 23% y el estado 5 con el 11%. Solo el 3% de los frutos se mancharon en el estado 2B (Fig. 47).

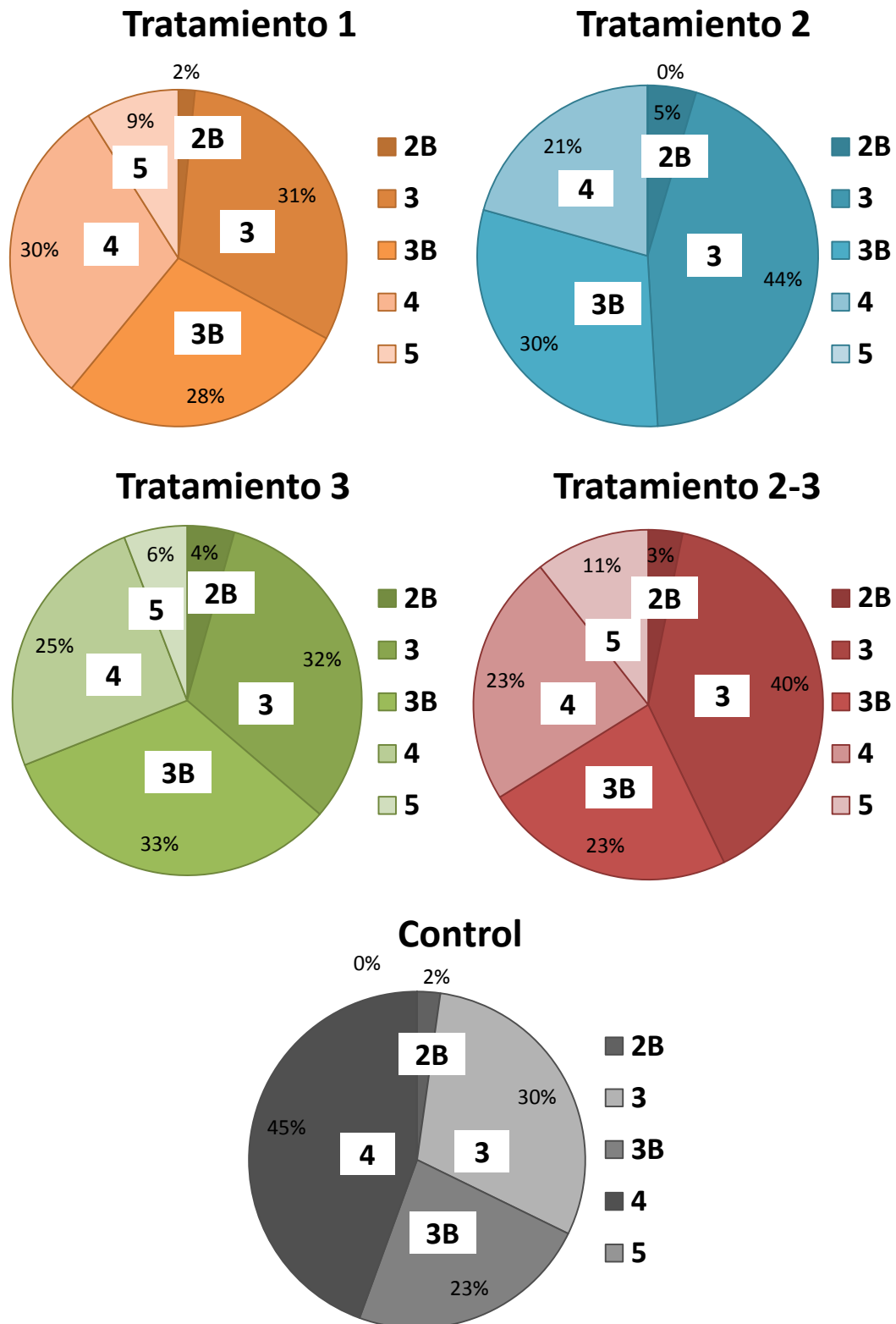


Figura 47. Estado fenológico del fruto en momento de la aparición de la mancha morada. Análisis por tratamientos (cada tratamiento incluye los datos de los tres años).

### **5.7 Análisis del contenido mineral de la piel y de la pulpa en frutos con Mancha Morada y en frutos sin Mancha Morada**

El objetivo de este estudio fue determinar si hay diferencias en cuanto al contenido de macros y micronutrientes en frutos con mancha o sin mancha tanto en la piel como en la pulpa.

El análisis del contenido mineral de frutos de níspero afectados por mancha morada y de frutos sanos se realizó con frutos procedentes de árboles sometidos a las diferentes estrategias de riego. Dicho análisis mostró que no hubo diferencias en el contenido de nitrógeno, fósforo y calcio en la piel de los frutos sanos con respecto a los manchados. En cambio, sí se observó un menor contenido de potasio y magnesio en los frutos afectados por mancha morada (Cuadro 16). En cuanto al contenido de microelementos, se detectó una menor cantidad de cobre en la piel de los frutos dañados. El nivel de cobre en la piel de un fruto sano fue casi el doble (45 ppm) que el nivel de cobre medido en un fruto con mancha morada (24 ppm). No se observaron diferencias en el contenido de hierro, zinc o manganeso entre frutos.

El análisis de la pulpa indica que no hay diferencias en el contenido de macroelementos entre los frutos dañados y los frutos sanos (Cuadro 16). En general, se observó una menor concentración de nitrógeno, potasio y calcio en la pulpa que en la piel, pero sin relación con la fisiopatía. En cambio, el contenido de magnesio fue similar en piel y pulpa y el contenido en fósforo pareció algo mayor en la pulpa que en la piel (Cuadro 16).

En lo que respecta a los microelementos también se observó una menor concentración de cobre en la pulpa de los frutos afectados por mancha morada, circunstancia también observada en la piel de dichos frutos. La concentración de cobre en la pulpa fue de 38 ppm en el caso de un fruto sano, frente a las 16 ppm cuantificadas en los frutos afectados por mancha morada.

Cuadro 16. Concentración mineral de macroelementos y microelementos en pulpa y en piel de frutos del níspero japonés sanos y afectados de mancha morada recolectados en enero. Valores de macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) expresados en % de materia seca (g/100g). Valores de microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn) expresados en mg/kg.

	Piel			Pulpa		
	Con MM	Sin MM		Con MM	Sin MM	
<b>N</b>	0,48	0,47	ns	0,42	0,40	ns
<b>P</b>	0,05	0,06	ns	0,08	0,09	ns
<b>K</b>	1,30	1,54	*	0,90	0,93	ns
<b>Ca</b>	1,03	0,86	ns	0,15	0,15	ns
<b>Mg</b>	0,10	0,12	*	0,13	0,11	ns
<b>Fe</b>	37	33	ns	26	32	ns
<b>Cu</b>	24	45	*	16	38	*
<b>Mn</b>	10	9	ns	4	4	ns
<b>Zn</b>	34	31	ns	26	23	ns

\* Detrás de la fila, indica diferencias estadísticamente significativas (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ).

ns: no existen diferencias estadísticamente significativas.

# **DISCUSIÓN**

## **6. Discusión**

En este trabajo se parte de la hipótesis de que las cosechas más precoces incrementan la incidencia de la mancha morada en níspero japonés (Agustí et al., 2006). Esto significa que los sistemas de cultivo tendentes a incrementar la precocidad de la cosecha, de gran interés desde el punto de vista económico en níspero, son los que promueven una mayor afección de esta fisiopatía.

Según los diferentes resultados realizados por Gariglio et al. (2002), la mancha morada en el níspero aparece cuando tenemos altas concentraciones de azúcar en la pulpa que aumentan el gradiente de concentración de solutos entre la piel y la pulpa. Los cambios rápidos en la acumulación de azúcares y en la absorción de agua que se producen en el fruto durante el cambio de color, el envero, se reflejan en una disminución del potencial osmótico y en un aumento de la turgencia de las células de la piel. Este aumento del potencial de presión en los tejidos externos (piel del fruto) en momentos y situaciones de alta tasa de crecimiento del fruto, propicia un proceso de deshidratación de este tejido. Estos cambios en los potenciales osmóticos de la piel, coinciden con el momento en que aparecen los síntomas de la alteración y son más bruscos cuando aumenta la ocurrencia de la mancha.

La aplicación de estrategias de riego deficitario controlado en níspero mejora de modo consistente la precocidad. Hueso y Cuevas (2008) demostraron que un déficit hídrico moderado en postcosecha, entre los meses de mayo y agosto adelanta la floración entre 13 y 20 días, dependiendo del año de ensayo. Un refinamiento de la estrategia consiste en suspender totalmente el riego durante ocho-nueve semanas en los meses de junio y julio, consiguiendo con ello un adelanto aún mayor de la floración y por lo tanto una cosecha aún más temprana (Cuevas et al., 2008, Cuevas et al., 2009, Hueso y Cuevas 2010). En el presente ensayo, los tratamientos de riego deficitario han adelantado la recolección entre 8 y 12 días con respecto al control plenamente regado (Stellfeldt, 2013). También se ha comprobado que la mejora en la precocidad de la cosecha ha supuesto un incremento de la incidencia de la mancha morada (Cuadro 12). Este efecto corrobora lo observado por Agustí et al. (2006), quienes manifiestan que en los árboles con cosechas más tempranas los niveles de la fisiopatía se incrementan. Gariglio et al. (2002) refuerzan estas conclusiones demostrando que la incidencia de la

mancha morada está relacionada con la precocidad de la variedad. De este modo variedades muy tempranas, como ‘Moggi’, presentan unos valores muy elevados de mancha morada, en contraposición de lo que le ocurre a variedades tardías como ‘Peluche’, que apenas presenta mancha morada. El aclareo de los frutos también propicia un adelanto de la cosecha (Cuevas et al., 2001), efecto que es contraproducente en cuanto a los niveles de incidencia de la fisiopatía. Por el contrario, si se realiza un embolsado del fruto se retrasa la recolección con lo cual es ventajoso para disminuir los niveles de mancha morada como se verá más adelante (Tuset et al., (1989), Gariglio et al. (2002) y Gong et al., (2002)), no obstante si el embolsado se realiza tardío este no tendrá efecto positivo en la mejora de la fisiopatía (Ojima et al., (1976), Manzoni et al., (2011)).

El tratamiento T1, que supone únicamente un periodo de riego deficitario prefloración, y el tratamiento T2-3, que incorpora solo un breve periodo de riego deficitario precosecha, fueron los que presentaron una mayor incidencia de mancha morada en los dos primeros años de estudio (Cuadro 12). En cambio, los tratamientos T2 y T3 en los que el periodo de riego deficitario prefloración fue más prolongado, la precocidad se mantuvo, pero con una menor incidencia de mancha morada (Cuadro 12). Estos resultados sugieren que el riego deficitario prefloración aumenta la incidencia de mancha morada como cabía esperar, pero que podemos paliar, al menos en parte, el problema con la adición de un riego deficitario precosecha prolongado (T2 o T3). Esto puede ser debido a que cuando aparece la mancha morada, durante el cambio de color, el fruto está sometido a unas altas tasas de crecimiento y cada tratamiento de riego deficitario controlado afecta de forma diferente a su crecimiento. T1 no produce freno en la tasa de crecimiento, pero sí produce adelanto de la cosecha, mientras que T2-3 produce un estrés hídrico muy ligero durante el cambio de color que apenas supone freno al crecimiento del fruto. En cambio, el estrés hídrico que producen T2 y T3 es capaz de reducir la tasa de crecimiento del fruto (Stellfeldt, 2013), lo que podría explicar la disminución de la incidencia de mancha morada con un riego deficitario precosecha los dos primeros años, aunque no el tercero.

En este sentido, es necesario insistir en que la mancha morada es una fisiopatía de incidencia variable según el año y de aparición errática, aunque como ya hemos comentado existe una correlación clara entre la precocidad de la cosecha y la incidencia de esta fisiopatía. En 2009, el año más tardío (Cuadro 17), se observó un 16% de frutos afectados. En cambio, en 2010, más precoz (Cuadro 17), la incidencia se incrementó



casi un 34%. El año con mayor afección fue 2011, cuando la incidencia se incrementó casi en un 100% con respecto al 2009, pudiéndose catalogar el año 2011 con un “año morado”. En este último año, la precocidad fue similar a la observada en 2010 (Cuadro 17), pero los frutos presentaron un mayor calibre (Stellfeldt, 2013) lo que podría justificar también la mayor incidencia de mancha morada (Cuadro 18), ya que los frutos de mayor tamaño crecen más rápido durante más tiempo lo que se ha puesto de manifiesto en situaciones de aclareo de frutos más intenso (Gariglio et al., 2002), y por eso sufren más de mancha morada (Cuadro 12). Como se indicó anteriormente, un aumento del potencial de presión en los tejidos de la subepidermis del fruto en situaciones de alta tasa de crecimiento, provoca un proceso de deshidratación de dichos tejidos que a la postre causa la mancha morada.

Cuadro 17. Fechas de recolección para los tratamientos de RDC (incluye T1, T2, T3 y T2-3) y Control durante 2009,2010 y 2011. Fuente: Stellfeldt (2013).

	Fechas de recolección		
	RDC	Control	Adelanto cosecha
<b>2009</b>	23-24 abril	04-may	10-12 días
<b>2010</b>	7-10 abril	18-abr	8-11 días
<b>2011</b>	8-10 abril	19-abr	9-11 días

Cuadro 18. Calibre del fruto (mm) de acuerdo a los tratamientos de riego aplicados en 2009, 2010 y 2011. Fuente: Stellfeldt (2013).

Tratamiento	2009	2010	2011
<b>T1</b>	43,7 a	39,0 b	45,7 a
<b>T2</b>	45,0 a	39,3 b	44,7 a
<b>T3</b>	44,1 a	39,4 b	44,9 a
<b>T2-3</b>	43,7 a	40,3 ab	44,6 a
<b>Control</b>	42,9 a	42,0 a	42,2 b
<b>P</b>	0,29	0,04	0,01

Nota: separación de medias por el test de Tukey al 95%. Valores con la misma letra en la misma columna no difieren estadísticamente.

La variable respuesta entre años también está relacionada con las condiciones ambientales (Cuadro 19). Avidan y Klein (1998) observaron que la magnitud de los daños producidos por la mancha morada varía entre años y cultivares y que parece

influida por el microclima de cada zona. Gariglio et al. (2003) encontraron una correlación positiva entre la temperatura mínima diaria y la mancha púrpura y concretando aún más, entre la temperatura mínima del mes de abril, momento en el que se produce el cambio de color del fruto y la mancha morada. Sin embargo, en nuestro caso analizando las temperaturas medias y mínimas de los meses de marzo y abril para cada año (Cuadro 20), se observa que éstas son más altas cuando la incidencia de mancha morada es mayor, lo cual por otra parte es congruente con todo lo comentado anteriormente sobre la relación entre altas tasas de crecimiento del fruto y mancha morada. En este sentido, se detecta una relación entre la temperatura, la humedad relativa y la precocidad de la cosecha, ya que se observa que en años en los cuales la temperatura media es superior y la humedad relativa media es menor durante la maduración de los frutos, éstos maduran antes y por consiguiente el porcentaje de frutos afectados por mancha morada es mayor (Cuadro 19). Más concretamente, se observa que a medida que la temperatura media aumenta, el porcentaje de frutos afectados por mancha morada también lo hace. Aunque hasta el momento no se ha estudiado en condiciones controladas, es posible que las temperaturas máximas influyan también en el nivel de incidencia de mancha morada, ya que se ha comprobado que cuando éstas aumentan la incidencia es mayor. Para analizar la influencia de las temperaturas mínimas durante el mes de abril, se podría plantear un cultivo bajo invernadero con calefacción nocturna. Gariglio et al. (2002) manifestaron que se puede conseguir una reducción de hasta el 80% de la incidencia con la calefacción. El embolsado, al fin y al cabo, una protección del cultivo, además de causar una disminución de la radiación, también consigue un aumento de la temperatura del fruto (Gong et al., 2002) y permite disminuir sustancialmente la incidencia de la fisiopatía.

Cuadro 19. Temperatura y humedad relativa media durante el periodo enero-mayo en 2009, 2010 y 2011 e incidencia de mancha morada (%). Fuente: Estación Meteorológica. Estación Experimental de Cajamar Las Palmerillas, Santa. M<sup>a</sup> del Águila, El Ejido.

	Temperatura	Humedad relativa	Mancha morada
<b>2009</b>	13,0°C	61,6%	16%
<b>2010</b>	13,6°C	65,6%	22%
<b>2011</b>	14,3°C	60,5%	33%

Cuadro 20. Temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) y media (Tmed) y humedad relativa media (HR) durante los meses de marzo y abril en 2009, 2010 y 2011 e incidencia de mancha morada (%). Fuente: Estación Meteorológica. Estación Experimental de Cajamar Las Palmerillas, Santa. M<sup>a</sup> del Águila, El Ejido.

		Tmax	Tmin	Tmed	HR	Mancha morada
<b>2009</b>	<b>Marzo</b>	18,7°C	9,9°C	14,0°C	60%	16%
	<b>Abril</b>	19,5°C	10,9°C	15,1°C	60%	
<b>2010</b>	<b>Marzo</b>	17,4°C	10,1°C	13,4°C	66%	22%
	<b>Abril</b>	21,0°C	12,9°C	16,6°C	63%	
<b>2011</b>	<b>Marzo</b>	18,6°C	10,6°C	14,3°C	60%	33%
	<b>Abril</b>	23,0°C	13,7°C	18,2°C	58%	

Al analizar los resultados obtenidos se observa además que, independientemente del tratamiento y año, los frutos más precoces siempre presentaron una mayor incidencia de mancha morada. Así durante el periodo 2009-2011 un 26% de los frutos que se recolectaron temprano presentaron mancha morada, mientras que en los frutos más tardíos la afección de la fisiopatía disminuyó bastante, hasta un 17%. Pareek et al. (2013) observaron dicho efecto también a nivel de parcela, de forma que en parcelas de recolección temprana la incidencia de mancha morada llegaba a afectar a un 60% de la producción, mientras que en parcelas de recolección tardía solo se dañaba un 30% de la cosecha.

En relación a lo anterior también se observa que la orientación del fruto en el árbol es determinante en la aparición de la mancha morada. En concreto en la cara

sureste, la más expuesta al sol, se concentra el 35% de los frutos afectados por mancha morada. Este efecto se observa con independencia de los tratamientos de riego aplicados y del año de estudio. Gariglio et al. (2003) también observaron que los frutos más expuestos al sol presentan una mayor incidencia de mancha morada. Estos frutos son más grandes y precoces, ya que reciben una mayor radiación. En esta condición la tasa respiratoria del fruto aumenta, y su crecimiento también, lo que provoca que el potencial osmótico de la piel se reduzca y se deshidrate más ocasionando la mancha morada. Avidan y Klein (1998), observaron que al reducir la intensidad lumínica mediante mallas de sombreo negras se reduce el porcentaje de frutos afectados por mancha morada. Gariglio et al., (2001 y 2003) observaron una reducción en los niveles de la fisiopatía al embolsar los frutos de níspero.

En el momento en que aparece la mancha morada, los frutos presentan su tamaño casi definitivo, ya que han alcanzado cerca del 95% de su calibre final, independientemente del tratamiento de riego. Dicho momento coincide con el envero o cambio de color del fruto de verde a verde-amarillento, confirmando las observaciones realizadas por Tuset et al. (1989) y Gariglio et al. (2001). El análisis de los resultados obtenidos señala que el estado en el que aparece la mancha morada con mayor intensidad es el estado fenológico 3 y 3B. Pinillos et al. (2007) describen el estado 3 como un fruto de color verde oscuro que presenta una pubescencia menos densa que en estados anteriores, sépalos separados y pedúnculo de consistencia leñosa, y el estado fenológico 3B es cuando el fruto está virando a naranja. En concreto hasta un 63% de los frutos manchados inician los síntomas entre los estados 3 y 3B. Solo en el control, que se recolecta más tarde, se observa menor incidencia de mancha morada y aparición más tardía, en concreto en el estado 4. Como se ha comentado anteriormente, los cambios rápidos en la acumulación de azúcares y en la absorción de agua tienen lugar en envero y están íntimamente relacionados con la aparición de la alteración.

Al analizar los resultados obtenidos se observa que los frutos con mancha morada son más grandes, presentando un calibre un 3,5% superior en el trienio 2009-2011, aunque estadísticamente no existen diferencias significativas. La competencia entre frutos es el factor cultural de mayor influencia en la aparición, desarrollo e intensidad de la mancha morada (Gariglio et al., 2002). Como ya se ha comentado anteriormente, los frutos más grandes crecen más deprisa y por más tiempo que los frutos más pequeños, y la velocidad de crecimiento de los frutos es máxima durante el envero (Gariglio et al., 2005). En ese momento la concentración de azúcares en la pulpa

y la piel del fruto es diferente de modo que existe un gradiente de azúcares entre ambos tejidos, favorable a la pulpa, que aumenta durante el crecimiento del fruto, lo que favorece la absorción de agua por parte de la pulpa respecto de la piel, provocando la deshidratación de esta última y la aparición de la mancha morada.

Por último, indicar que tradicionalmente la causa de la mancha morada se ha atribuido a una deficiencia localizada de calcio en el fruto (Caballero, 1993; Tuset et al., 1989), más por similitudes con fisiopatías en otros frutos de pepita como el bitter pit en manzana, que por los análisis o la respuesta a las aplicaciones de calcio que así lo demostraran. Nuestros resultados muestran que la concentración de calcio en la pulpa y epidermis del fruto no presenta diferencias entre frutos sanos y dañados, coincidiendo también con lo observado por Gariglio et al. (2002), Ho et al. (1993) y Cuevas et al. (2001). Por el contrario, Casado et al. (2003) sostienen que la alteración puede deberse a una deficiencia de Ca y de dos micronutrientes, Cu y Zn, o debido a una excesiva acidificación del fruto. Tras el análisis de los resultados observamos que el N, P, Mg, Fe, Zn y Mn se encuentran en niveles similares tanto en piel como en pulpa y no parece que jueguen ningún papel importante en la aparición de la mancha morada. Por el contrario, los análisis revelan que existen diferencias en otros elementos como K y Mg, los cuales presentan menor concentración en la piel de frutos afectados por este desorden respecto a los frutos sanos (Cuadro 21). Gariglio et al. (2002) también observaron una menor concentración de K en la piel de los frutos afectados. El Fe y el Cu son los micronutrientes más abundantes en la pulpa del fruto, seguidos del Zn y del Mn. De acuerdo con los resultados de Gariglio y Agustí (2005), durante el crecimiento del fruto, el elemento mineral que más desciende en su concentración es el Cu, con un 90%. En este estudio la concentración de Cu es un 50% menor en piel y en la pulpa de los frutos afectados con respecto a los frutos sanos (Cuadro 21). Cuevas et al. (2001) indicaron que una deficiencia de Fe podría estar relacionada con la incidencia de mancha morada, hecho que no se corrobora en este trabajo.

Cuadro 21. Composición mineral de la pulpa y piel de frutos del níspero japonés, cv. ‘Algerie’, sanos y afectados de mancha púrpura en enero. Los resultados son promedios de cinco repeticiones. Valores de macronutrientes expresados en % de materia seca y micronutrientes en ppm.

	Pulpa			Piel		
	Fruto sano	Fruto afectado	Signif.	Fruto sano	Fruto afectado	Signif.
<b>N</b>	0,40	0,42	ns	0,47	0,49	ns
<b>P</b>	0,09	0,08	ns	0,06	0,05	ns
<b>K</b>	0,93	0,90	ns	1,54	1,30	*
<b>Mg</b>	0,11	0,13	ns	0,12	0,10	*
<b>Ca</b>	0,15	0,15	ns	0,86	1,03	ns
<b>Fe</b>	32	26	ns	33	37	ns
<b>Zn</b>	23	26	ns	31	34	ns
<b>Mn</b>	4	4	ns	9	10	ns
<b>Cu</b>	38	16	*	45	24	*

# **CONCLUSIONES**

## **7. Conclusiones**

1. El riego deficitario controlado, técnica que adelanta la recolección, incrementa la incidencia de la mancha morada. Sin embargo, una restricción del riego en precosecha desde estado 2B o 3 palia en parte este efecto colateral negativo, manteniendo el adelanto de la cosecha.
2. Los frutos más tempranos presentan mayor incidencia de mancha morada con un nivel medio durante el periodo 2009-2011 del 26% de frutos afectados. En los frutos tardíos estos niveles durante el mismo periodo disminuyen hasta el 17%.
3. La mancha morada se manifiesta principalmente en el estado fenológico 3, con independencia si es 3 o 3B, excepto en el control tratamiento más tardío en el que su aparición se retrasa hasta el estado 4.
4. La cara sureste es donde se concentra la mayor proporción de frutos manchados, seguida de la cara suroeste, confirmándose que la orientación a mediodía es la que más favorece la fisiopatía.
5. La mancha morada aparece con frutos con tamaño casi definitivo, con cerca del 95% de su calibre final, no manifestándose nunca antes de que el fruto alcance un 90% de su tamaño definitivo.
6. Los frutos con mancha morada son más grandes que los frutos sin mancha morada, observándose que los frutos afectados por la fisiopatía presentan un calibre un 3,5% superior que los frutos no afectados.
7. El Ca no juega ningún papel relevante en la incidencia de la mancha morada. El N, P, Mg, Fe, Zn y Mn tampoco parece relacionados con la aparición de la fisiopatía. El K, Mg y Cu son los elementos alterados entre frutos manchados y sin mancha, destacando el Cu que presenta diferencias muy significativas tanto en piel como en pulpa.



# **BIBLIOGRAFÍA**

## **8. Bibliografía**

- **Agustí, M.** 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. 493 pp.
- **Agustí, M.; Reig, C.; Undurraga, P.** 2006. El cultivo del níspero japonés. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Universidad Politécnica de Valencia. 302 pp.
- **Amoros, A., Zapata, P., Pretel, M.T., Botella, M.A. and Serrano, M.** 2003. Physicochemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. Food Sci Technol Int 9:43–51.
- **Avidan, B.; Klein, I.,** 1998: Physiological disorders in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). I. Russeting. Advances in Horticultural Science 12(4): 190-195.
- **Badenes, M. L., Shunquan Lin, Xianghui Yang, Chengming Liu, and Xuming Huang.** 2009. Loquat (*Eriobotrya* Lindl.). In: Genetic and Genomics of Rosaceae. Springer Science. 636 pp.
- **Barbera, G., Fatta del Bosco, G. y Occorso, G.** 1985. Effects of water stress on lemon summer bloom: The ‘forzatura’ technique in the Sicilian citrus industry, Acta Horticulturae. 171:391-397.
- **Behboudian, M. H. y Mills, T. M.** 1997. Deficit irrigations in deciduous orchards. Horticultural Reviews 21. 105-131 pp.
- **Behboudian, M.H., Dixon, J. y Pothamshetty, K.** 1998. Plant and fruit responses of lysimeter grown ‘Braeburn’ apple deficit irrigation. Journal Horticulturae Science Biotechnology. 71:767-775.
- **Beijing Seabridge Marketing and Promotion CO. Ltd.** 2005. Fruits and Vegetables in China: A Market Analysis, (on line).
- **Bell, H.P.** 1937. The origin of russetting in the 'Golden Russet' apple. Can. J. Res., 15: 560-566.
- **B.O.E.** 1987. Orden de 27 noviembre 1987 RCL 1987/2574 Nísperos. Norma de calidad para los destinados al mercado interior. Ministerio relaciones con las Cortes y de Secretaria del Gobierno BOE 5 diciembre 1987. Número. 291, de 5 de diciembre de 1987, páginas 36026 a 36027.
- **Burló, F., Carbonell, A., Vidal, A. y J. Mataix.** 1997. Sensitivity to salinity in loquat plants (*Eriobotryae japónica* L.). Fresenius Envir. Bull. 6: 481-488.

- **Caballero, P.** 1993. El níspero y su expansión. Posibilidad y limitaciones. *Fruticultura profesional* 54:35-40.
- **Caballero, P. and Fernández, M. A.** 2004. Loquat, production and market. *Options Méditerranéennes* 58. 11-20 pp.
- **Cabezas, F.** 1993. El cultivo del níspero y su comercialización. *Actas de las IV Jornadas Andaluzas de Frutos Tropicales*: 125-138.
- **Calabrese, F.** 2006. Origen de la especie. p. 17-26. En: M. Agustí, C. Reig y P. Undurruga. (eds.), *El Cultivo del Níspero Japonés*. Universidad Politécnica de Valencia (España) y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile).
- **Casado-Vela, J., Sellés, S., Gómez-Lucas, I. and Bru, R.** 2003. A correlation study of loquat (*Eriobotrya japonica* cv. *Algerie*) fruit quality parameters: Flesh firmness and purple spotting. *Options Mediterranees, Serie A: Seminaires Mediterranees* 58:187-190.
- **Chalmers, D.J., Mitchell, P.D. y van Heek, L.** 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 106:307-312.
- **Crisosto, C.H., Johnson, R.S., Luza, G. y Crisosto, G.M.** 1994. Irrigation regimes affect fruit soluble solids concentration and rate of water loss of 'O'Henry' peaches. *HostScience*. 29:1169-1171.
- **Cuevas, J.; Gavilán, J.; Lorente, N.** 1997. Fenología del níspero japonés (cv. 'Algerie') en la costa de Almería. *Actas de Horticultura*, 15: 490-495.
- **Cuevas, J., Leiva, F., Moreno, M., Esteban, A., Hueso, J.J. y González-Padierna, C.M.** 2001. La mancha morada del níspero japonés. Efecto del aclareo de frutos y el anillado de ramos. *Phytoma España*. Nº 125 Enero 2001.
- **Cuevas, J., Hueso, J.J., Puertas, M.** 2003. Pollination requirements of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.), cv. 'Algerie'. *Fruits*, vol. 58, p. 157-165.
- **Cuevas, J., Pinillos, V., Cañete, M. L., González, M., Alonso, F., Fernández, M. D., Hueso, J. J.** 2008. Optimal levels of postharvest deficit irrigation for promoting early flowering and harvest dates in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Agricultural water management* 96. 831-838 pp.

- **Cuevas, J., Pinillos, V., Cañete, M.L., Parra, S., González, M., Alonso, F., Fernández, M.D. y Hueso, J.J.** 2012. Optimal duration of irrigation withholding to promote early bloom and harvest in Algerie loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Agricultural water management*. 111:79-86.
- **Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y. and Mochioka, R.** 1998. Changes in polyphenol concentrations and polyphenol oxidase activity of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits in relation to browning. *J Jpn Soc Hort Sci* 67:360–366.
- **Fallahi, E., Conway, W., Hickey, K.D., Sams, C.E.** 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32, 831-835.
- **Fernández, M.D., Hueso, J.J., Cuevas, J.** 2009. Water stress integral for successful modification of flowering dates in ‘Algerie’ loquat. *Irrig. Sci.* 28:127-134.
- **Fleckinger, J.** 1945. Notations phénologiques et représentations graphiques du développement des bourgeons de poiriers. C.R. Congrès de Paris de l’Association française pour l’avancement des Sciences.
- **Gallego, J.** 1991. La alternativa del frutal: el níspero bajo invernadero. Actas del curso internacional sobre “Agrotecnia del cultivo en invernaderos”. 129-149 pp.
- **Gariglio, N., Almela, V. and Agustí, M.** 2000. Physiological factors related to purple spot of loquat fruit. *Plant Physiol Biochem* 38:58.
- **Gariglio, N., Castillo, A., Juan, M., Almela, V., y Agustí, M.** 2002. El Níspero Japonés. Técnicas para mejorar la calidad del fruto. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Generalitat Valenciana.
- **Gariglio, N., Castillo, A., Alós, E., Juan, M., Almela, V., Agustí, M.** 2003. The influences of environmental factors on the development of purple spot of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Scientia Horticulturae* 98:17–23.
- **Gariglio, N., Juan, M., Castillo, A., Almela, V., Agustí, M.** 2002. Histological and physiological study of purple spot of loquat fruit. *Scientia Horticulturae*. 92:255-263.
- **Gariglio, N., Castillo, A., Juan, M., Almela, V., and Agustí, M.** 2003. Effects of fruit thinning on fruit growth, sugars and purple spot in loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Journal Horticulturae Science Biotechnology*. 78:32-34.

- **Gariglio, N., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C. and Agustí, M.** 2005. Control of purple spot of loquat fruit (*Eriobotrya japonica*) by means of mineral compounds. *Ann Appl Biol* 146:415–419.
- **Gariglio, N. and Agustí, M.** 2005. Effect of fruit thinning on the mineral composition of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit and its connection with purple spot. *Spanish J Agric Res* 3:439–445.
- **Gariglio, N., Reig, C. and Agustí, M.** 2008. Assimilate partitioning between the flesh and the rind is responsible for purple spot in loquat fruit. *Journal Horticultural Science and Biotechnology*. 83:37-42.
- **Gariglio, N., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C. and Agustí, M.** 2008. Purple spot in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) is associated to changes in flesh–rind water relations during fruit development. *Science Horticulturae*. 119:55–58.
- **Gavilán Pastor, J.** 1998. Fenología del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. Algerie en la costa occidental de Almería. Proyecto fin carrera, Universidad de Almería, España. 90 pp.
- **Gelly, M., Recasens, I., Girona, J., Mata, M., Arbonés, A., Rufat, J y Marsal, J.** 2003. Effect of wáter déficit during stage II of peach fruit development and postharvest on fruit quality and etilene production. *Journal Horticulturae Science Biotechnology*. 78:324-330.
- **Gelly, M., Recasens, I., Girona, J., Mata, M., Arbonés, A., Rufat, J y Marsal, J.** 2004. Effect of stage II and postharvest irrigation on peach quality during maturation and after cold storage. *Journal Horticultural Science and Biotechnology*. 78:324-330.
- **Gisbert, A. D., Reig, C., Martínez-Calvo, J., Gariglio, N., Badenes, M. L., Agustí, M., Llacer, G.** 2007. Frutales menores. El níspero japonés como ejemplo: situación actual, problemas y perspectivas. *Actas de Horticultura* nº 48. XI Congreso SECH. Albacete.
- **Gong, J.Q; Guan, Y.L.; Wang, Y.B.; Yu, Y.; y Y.Y. Xie.** 2002. Effect of bagging on fruit quality of loquat. *South China Fruits*, 31: 30-31.

- **Hack, H.; Bleiholder, H.; Buhr, L.; Feller, C.; Hess, M.; Klose, R.; Lancashire, P.; Meier, U.; Munger, Ph.; Stauss, R.; van den Boom, T.; Weber, E.** 1997. Compendio de las claves de identificación de los estados de crecimiento para plantas mono- y dicotiledóneas. Escala BBCH extendida. 2ª Edición.
- **Hamazu, Y., Chachin, K., Ding, C.K. and Kurooka, H.** 1999. Differences in surface color, flesh firmness, physiological activity, and some components of loquat fruit picked at various stages of maturity. *Journal Horticultural Science and Biotechnology*. 65:859–865.
- **Hirai, M.** 1980. Sugar accumulation and development of loquat fruit. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*. 49: 347-353.
- **Ho, L.C.; Grange, R.I.; Picken, A.J.** 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant Cell and Environment* 10:157-162.
- **Ho, L.C.; Belda, R.; Brown, M.; Andrews, J.; Adams, P.** 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in Tomato. *Journal of Experimental Botany*. 44: 509-518.
- **Hueso, J.J., Alonso, F., Cortés, R., Cuevas, J.** 2003. Predicción de fechas de recolección de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) en las principales zonas productoras españolas a partir de la determinación de la integral térmica. *Actas de Horticultura*. 39:287–288.
- **Hueso, J. J., Cuevas, J.** 2003. Deficit irrigation effects on flowering of loquat. *Options Méditerranéennes*, 58. 105-108 pp.
- **Hueso, J.J.** 2005. Riego deficitario controlado en níspero japonés. Tesis Doctoral. 166 pp. Universidad Almería.
- **Hueso, J.J., Cuevas, J.** 2008. Loquat as a crop model for successful deficit irrigation. *Irrigation Science* (2008) 26. 269–276 pp.
- **Hueso, J.J. y Cuevas J.** 2010. Ten consecutive years of regulated deficit irrigation probe the sustainability and profitability of this water saving strategy in loquat. *Agricultural Water Managment*. 97:645-650.
- **Hueso, J.J., González, M., Alonso, F. and Stellfeldt, A.** 2015. Deficit irrigation and late pruning improve fruit earliness and profits in ‘Algerie’ loquat cultivated in southeastern Spain. *Acta Horticulturae*. 1092, 245-251.

- **Hueso, J.J., Stellfeldt, A. and Cuevas, J.** 2015. Deficit irrigation in ‘Golden Nugget’ loquat. *Acta Horticulturae*. 1092, 253-259.
- **Ichinose, I.** 1995. The origin and development of loquat. *Serie Agronomical Techniques*. 4:1-5.
- **Jiang, T., Wang, P., Yin, X., Zhang, B., Xu, C., Li, X., et al.,** 2011. Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Science Horticulturae*. 130:452–458.
- **Jiménez, J.** 2011. Factores endógenos que controlan el crecimiento del brote y la floración en el níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. Algeria en respuesta al riego deficitario. Proyecto fin carrera, Universidad de Almería, España. 135 pp.
- **Johnson, R.S., Handley, D.F. y De Jong, T.M.** 1992. Long-term response of early maturing peach trees to postharvest water deficits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:881-886.
- **Liang, G.L., Wang, S.Q., Xiang, S.Q., Guo, Q.G. y Li, X.L.** 2006. GISH identification of the origin of natural triploid loquat. II International Symposium of Loquat, Abstract: 22, O10.
- **Lin, Shunquan.** 2007. World Loquat Production and Research with Special Reference to China. The seconds international symposium on Loquat. *Acta Horticulturae* 750, ISHS 2007.
- **Lin, S.** 2004. Plant material of loquat in Asian countries. *Options Méditerranéennes*. 58: 41-44.
- **Lin, S., Sharpe, R.H., Janick, J.** 1999. Loquat: Botany and horticulture. *Hort Rev* 23. 233-276 pp.
- **Liu, T.T., Lin, J.H., Chang, LR.** 1993. Control and prevention of diseases and physiological disorder in loquat. In: *Proceedings of the Symposium on Techniques of Loquat Production*, Special Publication, Taichung District Agricultural Improvement Station. 34:189-195.
- **Llácer, G.; Badenes, M.L.; Martínez-Calvo, J.** 1999. Description and use of loquat. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia.
- **Llácer, G. y Soler, E.** 2001. Níspero del Japón. p. 344-346. En: *La horticultura Española*. F. Nuez y G. Llácer (eds.). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas.

- **Llácer, G., Badenes, M.L. y Martínez-Calvo, J.** 2002. Plant material of loquat in Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes Serie A* n° 58:45-52.
- **Llácer, G., Badenes, M. L. and Martínez-Calvo, J.** 2004. Plant material of loquat in Mediterranean countries. First International Symposium on Loquat, Valencia (España). April 2002. *Options Méditerranéennes* 58. 45-52 pp.
- **López-González, G.** 1982. La guía Encafo de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Encafo. Madrid. 886 pp.
- **MAGRAMA.** 2015. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anuario Estadística Avance 2015. Apartado 13.9.5.2.
- **Manzoni Grassi, A., Scarpe Filho, J.A., Alves Chagas, E., Pio, R., Pasqual, M., Guglielmin Tizato, L. H. et Cardoso Chagas, P.** 2011. Qualidade de frutos de cultivares de nespereira em função do ensacamento em diferentes estádios de desenvolvimento. *Cienc. Rural* [online]. Vol.41, n.2, 227-229 pp.
- **Maranto, J. & Hake, K. D.** 1985. Verdelli summer lemons, a new option for California growers. *Cal. Agric.* 39, 4.
- **Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L.; Llácer, G.; Bleiholder, H.; Hack, H; Meier, U.** 1999. Phenological growth stages of loquat tree (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.). *Annals Applied Biology*, 134: 353-357.
- **Martínez-Calvo, J., Badenes, M. y Llácer, G.** 2000. El níspero del Japón. *Agrícola Vergel* 217. 24-33 pp.
- **Marsal, J., Lopez, J. and Girona J.** 2008. Recent Advances in Regulated Deficit Irrigation (RDI) in Woody Perennials and Future Perspectives. Proc. V<sup>th</sup> IS on Irrigation of Hort. Crops. Eds.: I. Goodwin and M.G. O'Connell. *Acta Horticulturae*.792, ISHS.
- **Marschner, H.** 1989. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- **Matthews, M.A.; Cheng, G.; Weinbaum, S.A.** 1987. Changes in water potential and dermal extensibility during grape berry development. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 112: 314-319.
- **Mc Gregor, S.E.** 1976. Insect pollination of cultivated crop plant. USDA.
- **Mitchell, P.D., van den Ende, B., Jerie, P.H. y Chalmers, D.J.** 1989. Response of 'Bartlet' pear to withholding irrigation, regulated deficit irrigation, and tree spacing. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114:15-19.



- **Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A. and Montañéz, L.** 1994. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. Estación Experimental de Aula Dei (C.S.I.C.) Apodo 202, 50080 Zaragoza.
- **Morton, J.F.** 1987. Fruits of warm climates. Ed. Creative Resource System. Inv. N.C. Miami. 505 pp.
- **Mulvaney and W.L. Banwart.** 1982. A rapid method for Total Nitrogen Analysis Using Microwave Digestion. X. T. He, R.L. Soil. Sci. Soc Am. J. Vol.54. November-December.
- **Ochse, J.J.; Soule, M.J.; Dijkman, M.J.; Wehlburg, C.** 1974. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Ed. Limusa. México. 1536 pp.
- **Ojima, M., Rigitano, O., Simao, S., Ique, T.,** 1976. The effect of the type of fruit protection on the incidence of purple spot and fruit development in loquats. *Bragantia* 35, 1-44.
- **Pareek, S., Benkeblia, N., Janick, J., Cao, S. and Yahia, E.M.** 2013. Postharvest physiology and technology of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit. *Journal Science Food Agriculturae*. 94: 1495-1504.
- **Pérez, S.** 2013. Aclarantes químicos alternativos a la ANAm en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. *Algerie*. Proyecto fin carrera, Universidad de Almería, España. 135 pp.
- **Pinillos, V., Cañete, M.L., Sánchez, R., Cuevas, J. y Hueso, J.J.** 2007. Fruit development and maturation phenological stages of ‘Algerie’ loquat. *Acta Horticulturae*. 750:331-336.
- **Pinillos, V., Hueso, J.J., Marcon, J.L. y J. Cuevas.** 2011. Changes in fruit maturity índices along the harvest season in ‘Algerie’ loquat. *Horticultural Science* 129: 769–776.
- **Potter, D., Eriksson, T., Evans, R. C., Smedmark, J. E. E., Morgan, D. R., Kerr, M., Robertson, K. R., Arsenault, M., Dickinson, T. A. and Campbells.** 2007. Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant Systematics and Evolution*. 266: 5–43.
- **Rodríguez, A.** 1983. El cultivo del níspero y el valle del Algar-Guadalest. Ed. Sociedad Cooperativa de Crédito Callosa de Ensarriá. Alcoy. 262 pp.

- **Salvador-Sola, F.** 1999. Predicción del tamaño del fruto en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv 'Algerie'. Determinación de los niveles óptimos de aclareo de frutos. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. 80 pp.
- **Serrano, M., Zapata, P.J., Pretel, M.T., Almansa, M.S., Botella, M.A. y A. Amorós.** 2004. Changes in organic acids and sugar levels during ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Options Méditerranéennes*, 58: 157-160
- **Soler, E., Martínez-Calvo, J., Llácer, G, Badenes, M.L.** 2007. Loquat in Spain: Production and Marketing. *Acta Horticulturae* 750: II International Symposium on Loquat.
- **Stellfeldt, A.** 2013. Riego deficitario prefloración y precosecha en níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.). Tesis doctoral. Universidad de Almería. 253pp.
- **Torrecillas, A., Domingo, R., Galego, R. y Ruiz-Sánchez, M.C.** 2000. Apricot tree response to withholding deficit irrigation at different phenological periods. *Science Horticulturae*. 85:201-215.
- **Tuset, J.J., Rodríguez, A., Bononad, S., García, J., Monteagudo, E.,** 1989. La mancha morada del níspero. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura I Pesca, Fullets de Divulgació, No. 1.
- **Vercher, R., Tadeo, F.R., Almela, V., Zaragoza, S., Primo-Millo, E., Agustí, M.** 1994. Rind structure, epicuticular wax morphology and water permeability of 'Fortune' mandarin fruits affected by peel pitting. *Annals of Botany*, 74: 619-625.
- **Wang, L., Wang, H.C., Hu, Y.L. and Huang, X.M.** 2007. Loquat fruit physiological disorders: creasing and russeting. *Acta Horticulturae*. 750:269-274.
- **Watanabe FS, Olsen SR.** 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 677- 678.
- **Williams, L.E, and Matthews, M.A.** 1990. Grapevine. In: B.A. Stewart and D.R. Nielsen (eds.), *Irrigation of Agricultural Crops*. Agronomy Monograph No 30. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. 1019-1055 pp.
- **Xu, H. and Chen, J.** 2011. Commercial quality, major bioactive compound content and antioxidant capacity of 12 cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Journal Science Food Agriculturae*. 91:1057–1063.

- **Zheng, H.L., Lin, S.Q.** 2007. Loquat management mode in new cultivation areas in Qingyuan, Guangdong province, China. *Acta Horticulturae* 750: II International Symposium on Loquat.
- [www.botanical-online.com](http://www.botanical-online.com)
- [www.mapa.es](http://www.mapa.es) (estadísticas agrícolas nacionales)
- [www.mercabarna.es](http://www.mercabarna.es) (datos económicos de comercialización)
- [www.mercamadrid.es](http://www.mercamadrid.es) (datos económicos de comercialización)

# **ANEJOS**

## 9. Anejos

### 9.1 Tratamientos fitosanitarios

A lo largo de la campaña de estudio se han realizado tratamientos fitosanitarios para el control de pulgones (*Aphis* spp.) y moteado (*Fusicladium eriobotryae*). Los tratamientos contra pulgones se han aplicado desde junio a agosto (Cuadro 22), utilizando la siguiente materia activa: *Deltametrin*. Durante este periodo se han realizado 3 tratamientos. Los tratamientos para controlar el moteado han sido preventivos y se han realizado cuando las condiciones meteorológicas han sido propicias para el desarrollo del hongo (temperaturas entre 10 y 26 °C y precipitaciones). Ha sido necesario aplicar entre 4 y 5 tratamientos desde un mes antes de la floración hasta casi envero (Cuadro 22). Las materias activas utilizadas para el control de esta enfermedad varían según la época del año y el tiempo transcurrido desde la aparición de la situación de riesgo. Se han utilizado las siguientes: *Mancozeb*, *Oxicloruro de cobre* y *Ciproconazol*. A pesar de la presencia de tripses (*Frankinella* spp.) durante la floración no se observan daños importantes por lo que tampoco se han realizado tratamientos para su control, que además es bastante difícil. No ha sido necesario el control de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) durante el año de estudio.

Cuadro 22. Calendario de tratamientos fitosanitarios en níspero japonés.

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
<b>Pulgón</b>												
<b>Moteado</b>												

**9.2 Plan de fertilización anual**

<b>Época del año</b>	<b>N (Kg)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kg)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (Kg)</b>	<b>Zn (Kg)</b>	<b>Fe (Kg)</b>	<b>M.O. (Kg)</b>
Invierno	62,5	25	70	6	0,6	3
Primavera	37,5	12	10,5	1,8	0,18	0,9
Verano	87,5	33	42	7,2	0,72	3,6
Otoño	62,5	30	52,5	0	0	0
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>100</b>	<b>175</b>	<b>15</b>	<b>1,5</b>	<b>7,5</b>

**Fertilizantes utilizados**

Nitrato amónico (34,5-0-0)

Ácido fosfórico (0-54-0)

Nitrato potásico (13-0-46)

Sulfato potásico (0-0-52)

Quelato de Zinc

Quelato de hierro al 6% EDDHA

Extracto húmico 15% de ácidos húmicos y fúlvicos

**9.3 Análisis de agua**

<b>pH</b>	8,5
<b>C.E. (dS/m a 25 °C)</b>	1,130

	<b>mg/l</b>	<b>meq/l</b>
<b>Carbonatos</b>	18,0	0,6
<b>Bicarbonatos</b>	137,3	2,3
<b>Sulfatos</b>	39,9	0,8
<b>Nitratos</b>	0,0	0,0
<b>Cloruros</b>	259,5	7,3
<b>Sodio</b>	80,0	3,4
<b>Potasio</b>	3,8	0,1
<b>Calcio</b>	72,5	3,6
<b>Magnesio</b>	49,0	4,0
<b>Boro (B)</b>	0,143	

Según las normas de Riverside establecidas para evaluar la calidad de las aguas de riego, ésta es un agua de buena calidad y apta para el riego (C2-S1).

